



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL DE FI DE CARRERA

TÍTULO: Diseño de un carro de la compra con identificación de productos basada en RFID en banda UHF.

AUTOR: Álvaro del Pino Serrano

DIRECTOR: Rafael Pous Andrés

DATA: 20 de octubre de 2006

Título: Diseño de un carro de la compra con identificación de productos basada en RFID en banda UHF.

Autor: Álvaro del Pino Serrano

Director: Rafael Pous Andrés

Data: 20 de octubre de 2006

Resumen

En la actualidad las empresas realizan con mayor frecuencia inversiones económicas enfocadas hacia sus departamentos logísticos, dado que se está demostrando que una buena organización logística genera grandes beneficios para las mismas.

La nueva ley de trazabilidad obliga a que todas las empresas lleven a cabo un control riguroso sobre sus productos, desde el momento de su fabricación pasando por el empaquetamiento o envío de éste, hasta la venta a sus clientes.

Una de las tecnologías más novedosas, con mayor futuro y en pleno auge es la identificación por radiofrecuencia o RFID, en concreto en la banda UHF. En esta banda se han encontrado una serie de características idóneas para la identificación mediante ondas electromagnéticas. La utilización de RFID nos permite tener un completo control logístico, así como obtener toda la información de los productos que la incorporan.

En este proyecto se ha utilizado dicha tecnología para el diseño y realización de un carro de la compra inteligente, es decir, un carrito que sea capaz de identificar todos los productos que se introduzcan en su interior mediante la utilización de la tecnología RFID en banda UHF. Para ello se han realizado diversas pruebas, además de emplearse diferente hardware, hasta encontrar el equipo de RFID óptimo para esta aplicación.

Otros de los objetivos del proyecto será dotar al carrito de autonomía energética, así como habilitarlo para que pueda utilizar la información adquirida, y que ésta interactúe con otros equipos, ya sea mediante una pantalla táctil u ordenador de abordo instalado en el mismo carro, o bien comunicarse de manera inalámbrica con un servidor que contenga una base de datos de los productos.

Para finalizar se reflexionará sobre la rentabilidad de una hipotética inversión en ésta nueva aplicación, y el impacto medioambiental que podría provocar.

Title: Shopping trolley design based on UHF RFID for assets identification.

Author: Álvaro del Pino Serrano

Director: Rafael Pous Andrés

Date: October, 20th 2006

Overview

Nowadays economic investments in business are focused to logistic department, because it is demonstrated that a right logistic organization produces an important benefit.

The new traceability law forces all enterprises to have a tight control about of all their products, since his moment of fabrication until it is packed, sent and sold to his clients.

One of the newest technologies, with a brilliant future, is radiofrequency identification or RFID, concretely at UHF band, which has been found a group of suitable properties to the identification based on electromagnetic waves. The utility of this technology allows us to have a complete logistic control and at the same time, we can get all the information about the products.

In this project we are going to use this technology to design and to make an intelligent shopping trolley, it means a shopping trolley that can identify all the products introduced inside with the use of the RFID technology. To do this, we will do several trials and we will use different hardware until we find the optimum RFID kit for this application.

Other objectives are to make shopping trolley energy self-reliable and make it capable to use the information to work with other kits of hardware. This can be done by a tactile screen or by a portable computer installed in the car. This also might communicate by wireless technology with a data base server, that it includes the products.

We will finish explaining about the economic profitability of a hypothetic investment in this project and the impact that it can causes to the environment.

“Con estas palabras quisiera dedicar este proyecto a todos las personas citadas a continuación:

En primer lugar agradecerle a la empresa AIDA CENTRE así como a todos sus miembros la aportación de todo aquello que ha hecho posible la realización de este proyecto. En especial a Javier Dacuña y Pere Moix, sin los cuales este proyecto no hubiera sido el mismo, tanto por la orientación y ayuda ofrecida, como por haberme iniciado en el mundo del RFID.

Al tutor Rafael Pous por ofrecerme la posibilidad de realizar este proyecto y el préstamo del material para este.

Agradecerles también a todos los compañeros de la universidad, como lo son Carlos, Marc, Raúl, Diego, Pedro, Gon o Jordi entre muchos otros, que me han acompañado a lo largo de la carrera y ayudado en aquellas dificultades surgidas en estos años.

Y sobre todo a mi familia, mis padres, mi hermano y a Rebeca. Las personas que más cerca han estado de mi todo este tiempo y en las que he encontrado toda la colaboración, apoyo y ayuda para conseguir este objetivo.

A todos ellos gracias.”

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. LA TECNOLOGÍA RFID	3
1.1. Descripción de un sistema genérico de RFID	4
1.1.1. El lector de RFID	5
1.1.2. La etiqueta de RFID o tag.	6
1.2. Principio físico del funcionamiento de RFID	8
1.3. Estándares	9
1.4. Objetivos y posible aplicación del proyecto	9
1.5. Estado del arte	11
1.5.1. Carro “Picking” con tecnología RFID en banda HF	11
1.5.2. Shopping Navis Wagon	11
1.5.3. The EXTRA METRO Group Future Store	12
1.5.4. Shopping Buddy	13
1.5.5. GROCER	14
CAPÍTULO 2. PRUEBAS DE IDENTIFICACIÓN.....	15
2.1. Introducción	15
2.2. Preparación previa a las pruebas	16
2.2.1. Asignación de ID’s	16
2.2.2. Comprobación del funcionamiento de cada tag	18
2.2.3. Colocación de los tags en cada producto	18
2.2.4. Realización de las tres distribuciones de productos	20
2.3. Prueba A	22
2.4. Prueba B	22
2.5. Prueba C	23
2.6. Prueba D	23
2.7. Prueba E	24
2.8. Prueba F	25
2.9. Prueba G	25
2.10. Prueba H	26
2.11. Prueba I	26
2.12. Prueba J	27
2.13. Comparativa de las pruebas.....	28

2.14. Colocación estética de los tags en los productos.....	29
2.15. Conclusiones de las pruebas.....	30
CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN	31
3.1 Definir el equipo completo de RFID.....	31
3.2 Lector RFID y distribución de antenas.....	31
3.3 Tipo de antenas	32
3.3.1 Primera elección.....	32
3.3.2 Variación en la elección.....	32
3.3.3 Elección definitiva de las antenas	33
3.4 Sistema de alimentación.....	34
3.5 SAI.....	35
3.6 Elección de los componentes para la alimentación	35
3.7 Prueba de tiempo de autonomía del carrito	37
3.8 Cableado de RF.....	38
3.9 Prueba K: Prueba de detección con implementación	39
3.10 Medios de comunicación del carrito	39
3.11 Encapsulación de componentes y puesta apunto.....	40
3.12 Colocación final de todos los componentes en el carro.....	40
CAPÍTULO 4. ASPECTOS ECONÓMICOS.....	41
4.1 Presupuesto del proyecto	41
4.2 Rentabilidad de una posible inversión.....	42
CAPÍTULO 5. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	45
5.1 Normativa RFID: ETSI EN 302208	45
5.2 Materiales desechos	46
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y VÍAS FUTURAS	47
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXO A. HARDWARE Y MATERIAL DE LA APLICACIÓN.....	51
1. Carrito	51
2. Lectores de RFID	52
2.1. Samsys MP9320 2.8e	52

2.2.	Symbol XR400.....	54
3.	Antenas de RFID.....	55
3.1.	Poynting A003-02.....	55
3.2.	Dual Direccional Panel Antena Array “Matrics pequeña”.....	56
3.3.	High-Performance Area Antenna “Matrics grande”.....	57
4.	Componentes del sistema de alimentación.....	58
4.1.	SAI PULS Dimension UB10.241	58
4.2.	Batería Yuasa NP7-12.....	59
4.3.	Fuente de alimentación Deutronic E-TOP120-24	60
5.	Cableado.....	61
5.1.	Cables de RF.....	61
5.2.	Cables de Red.....	62
6.	Tags	62
6.1.	Avery Dennison	62
6.2.	Rafsec.....	63
7.	Encapsulados	64
7.1.	Batería	64
7.2.	SAI	64
7.3.	Fuente de alimentación	65
7.4.	Antenas.....	65
7.5.	Bajos del carrito	66

ANEXO B. PROCESO COMPLETO DE LAS PRUEBAS 67

1.	Preparación previa a las pruebas	67
1.1.	Proceso completo de asignación de ID´s.....	67
1.2.	Comprobación del funcionamiento de cada tag.....	78
1.3.	Colocación de los tags en cada producto	78
1.4.	Realización de las tres distribuciones de productos	86
2.	Realización de las pruebas.....	91
2.1.	Prueba A.....	91
2.2.	Prueba B.....	95
2.3.	Prueba C.....	99
2.4.	Prueba D.....	104
2.5.	Prueba E.....	110
2.6.	Prueba F.....	114
2.7.	Prueba G	120
2.8.	Prueba H.....	124
2.9.	Prueba I	131
2.10.	Prueba J	138
3.	Pruebas finales	145
3.1.	Colocación estética de los tags en los productos	145
3.2.	Prueba K.....	147

ANEXO C. DETALLES SOBRE RFID 152

1.	Historia y evolución de la tecnología RFID.....	152
2.	Frecuencias de interés.....	155
3.	Diferencias entre LF / HF / UHF / Microondas	156

4.	Estándares	157
4.1.	EAN.UCC.....	158
4.2.	ISO/IEC JT1/SC17	158
4.3.	ISO/IEC JT1/SC31/WG4	159
4.4.	EPC Gen 2.....	160
5.	Protocolos	162
5.1.	ALOHA y ALOHA rasurado	162
5.2.	Búsqueda binaria.....	163

INTRODUCCIÓN

Hoy en día se ha demostrado que una empresa con una perfecta y calculada organización logística es sinónimo de beneficio, dado que un estricto control del estado de su activo y la correcta estimación de posibles cambios en éste, aporta importantes ganancias para la empresa.

Por todo ello, las empresas dirigen parte de sus esfuerzos económicos e inversiones hacia la mejora de su departamento logístico. Estrategias e inversiones que toman forma en el conjunto de nuevas tecnologías que les puedan aportar tales mejoras.

La **identificación por radiofrecuencia o RFID** (*Radiofrequency Identification*) se está introduciendo con fuerza en el mercado, augurándosele un gran futuro. Esta tecnología se basa en la identificación de etiquetas electrónicas o *tags*, mediante ondas electromagnéticas de RF.

El fuerte impacto que esta causando la RFID en el sector logístico, se debe en parte a la entrada en vigor de la nueva **ley de trazabilidad**, (*la trazabilidad es la capacidad de identificar y proveer información acerca del origen y la historia procesada de un ítem determinado*), la cual obliga a todas las empresas a llevar a cabo un control riguroso sobre sus productos, desde el momento de su fabricación pasando por el empaquetamiento o envío de éste, hasta la venta a sus clientes.

Los principios en los que se basa esta tecnología fueron descubiertos durante la Segunda Guerra Mundial. Recientemente con la utilización de ésta en banda UHF, se han descubierto sus grandes posibilidades para aplicaciones de múltiple detección e identificación a distancia.

Este proyecto consistirá en el diseño y realización de un prototipo de carrito de la compra inteligente, en el cual utilizaremos la tecnología RFID en banda UHF para la identificación de los productos que se encuentren en su interior. También se deberá dotar al carro de autonomía energética suficiente para realizar una compra.

Otro de los objetivos será proporcionar al carrito los medios necesarios para que el equipo de RFID sea capaz de utilizar la información adquirida e intercambiarla con otros equipos. Dichos equipos podrán estar instalados en el mismo carro (por ejemplo, una pantalla táctil u ordenador de abordo), o por otro lado también se podría comunicar de manera inalámbrica con equipos externos al carrito (por ejemplo, un servidor que contenga una base de datos de todos los productos).

El proyecto está dividido en seis capítulos y tres anexos con la siguiente estructura; en el primer capítulo se introduce la tecnología RFID, tanto sus características más relevantes como su funcionamiento. Se marcan los

objetivos del proyecto y se estudia el panorama internacional de aplicaciones o proyectos similares a éste.

A lo largo del segundo capítulo se explica y se lleva a cabo todo el proceso de realización de pruebas de identificación y sus correspondientes medidas, necesarias para la obtención de los objetivos del proyecto.

Durante el tercer capítulo se describe el proceso de implementación del carro, explicando los motivos que conducen a la decisión del material y hardware escogidos.

En el cuarto capítulo se menciona el presupuesto necesario para la realización del proyecto y se reflexiona sobre la rentabilidad de una posible inversión en éste.

En el quinto capítulo se explican las posibles repercusiones medioambientales que podrían provocar el desecho del material del mismo.

En el capítulo final se reflexiona sobre las conclusiones extraídas a lo largo de la realización del proyecto y se exponen propuestas de posibles ampliaciones o mejoras de éste.

También se realizan tres anexos en los que se aporta información adicional con la que se completa la memoria.

CAPÍTULO 1. LA TECNOLOGÍA RFID

La tecnología de identificación por radiofrecuencia o, lo que es lo mismo, Radio Frequency Identification (RFID) es un sistema de identificación de etiquetas sin contacto. Se basa en etiquetas electrónicas o tags que se componen de un chip y una pequeña antena. Estas etiquetas se pueden incorporar a toda clase de productos, haciendo posible identificarlos a distancia y controlarlos por ejemplo a lo largo de toda la cadena de distribución, desde el fabricante hasta el comprador. Además dichas etiquetas, permiten almacenar múltiple información referente al artículo portador de las mismas.

Estos dispositivos tienen la misión de ir substituyendo poco a poco a los tradicionales códigos de barras, los cuales si se someten a duras condiciones de trabajo, como pudiera ser la suciedad o el polvo, se deterioran produciendo errores de identificación, con las posibles repercusiones tanto económicas como temporales que se pueden producir.

La tecnología RFID supera muchas de las limitaciones del código de barras, el sistema de identificación de objetos más utilizado hasta ahora. Las ventajas de las etiquetas electrónicas son las siguientes:

- A diferencia del código de barras, las etiquetas electrónicas no necesitan contacto visual con el módulo lector para que éste pueda leerlas. La lectura se puede hacer a una distancia de hasta 10 metros.
- Mientras el código de barras identifica un tipo de producto, las etiquetas electrónicas identifican cada producto individual. Es decir, dos paquetes de galletas iguales llevan ahora el mismo código de barras y, por lo tanto, la misma identificación, pero si estuvieran equipados con etiquetas electrónicas se podrían identificar y gestionar de forma individual.
- La tecnología RFID permite leer múltiples etiquetas electrónicas simultáneamente. Los códigos de barras, por el contrario, tienen que ser leídos secuencialmente. Esta característica del sistema de auto identificación por radiofrecuencia ofrece diversas ventajas como, por ejemplo, la reducción del tiempo de espera en las colas de los supermercados.
- Las etiquetas electrónicas pueden almacenar mucha más información sobre un producto que el código de barras, que solo puede contener un código y, en algunos casos, un precio o cantidad.
- Mientras que sobre el código de barras se puede escribir solo una vez, sobre las etiquetas electrónicas se puede escribir todas las veces que haga falta.
- La tecnología RFID ayuda a evitar falsificaciones. Con una simple fotocopia se puede reproducir un código de barras. Las etiquetas electrónicas, en cambio, son mucho más difíciles de copiar, ya que se requiere un equipo de RFID y conocimientos avanzados de esta tecnología para poder ser copiadas.

- Un código de barras se estropea o se rompe fácilmente, mientras que una etiqueta electrónica es más resistente porque, normalmente, forma parte del producto o se coloca bajo una superficie protectora (encapsulamiento del tag) y de esta manera soportar mejor adversidades como la humedad y la temperatura.

1.1. Descripción de un sistema genérico de RFID

Los elementos básicos para que un sistema de RFID funcione correctamente son un equipo transmisor/receptor llamado lector o “*reader*”, una antena encargada de transmitir la energía generada por el lector y recibir la que proviene de la etiqueta, y una etiqueta, también llamada “*Tag*” en términos anglosajones, formado por una antena y un chip con capacidad de almacenamiento de datos. En la siguiente figura se puede ver ilustrada la interacción entre los tres elementos básicos.



Fig. 1.1 Dibujo esquemático de un sistema RFID

La electrónica del lector utiliza una fuente externa de potencia para generar la señal transmitida por la antena, que se convierte en la señal propagada. Esta señal puede ser recibida por una etiqueta RFID (Tag) que refleja una parte de esta energía. La señal reflejada, se detecta por el lector, el cual descodifica la información identificando los códigos de los distintos tipos de etiqueta en el campo de visión de las antenas.

El flujo de potencias en un sistema RFID es asimétrico, es decir el balance de potencias entre el lector y las etiquetas es mucho más elevado cuando se transmite energía que cuando se recibe la información de las etiquetas.

Existen diferentes tipos de sistema RFID en función del tipo de lector, de etiquetas o de antenas. Como también lectores de diversas configuraciones y frecuencias. Las antenas tienen multitud de parámetros como frecuencia, polarización, diagrama de radiación, ancho de haz, ganancia, etc. que determinan la zona de cobertura donde las etiquetas pueden ser leídas. La aplicación y entorno específicos, determinan el tipo de antena más adecuada. Asimismo, las etiquetas pueden ser de distintos tipos y formas según los requisitos de la aplicación. El tamaño de la etiqueta depende del tamaño de la

antena integrada en la propia etiqueta. Las dimensiones de esta etiqueta están determinadas por diversos parámetros como el tipo de sustrato utilizado, la frecuencia de utilización, o el rango de lectura deseado. Las etiquetas pueden ser de solo lectura, es decir el fabricante introduce un código único durante el proceso de fabricación, “sellando” el acceso a la memoria del chip y permitiendo únicamente la lectura de éste código; y las etiquetas también pueden ser de lectura/escritura, donde el fabricante deja unos campos libres en la memoria del chip para que el usuario pueda grabar la información sobre el producto, fabricante, fecha de caducidad, etc.

La gestión de la información generada por el sistema RFID, incluye equipos electrónicos y aplicaciones para controlar y gestionar la comunicación entre los lectores y las etiquetas. Los *readers* se gestionan a través de interfaces RS232, RS485, Ethernet, o mediante puntos de acceso inalámbricos conectados a un PC. Desde éste se puede controlar la información recibida, la información a escribir en cada etiqueta, etc. e integrarse con el correspondiente software o base de datos de la aplicación.

1.1.1. El lector de RFID

El lector de RFID es el equipo encargado de convertir la información e identificación que poseen los tags en información útil para que por ejemplo un equipo informático pueda sacarle provecho en algún tipo de aplicación. Las características principales de los lectores RFID que actualmente podemos encontrar en el mercado son:

- Número de puertos RF (puertos para conectar antenas, normalmente 4).
- Potencia máxima a la que trabaja cada puerto de RF.
- Estándares de comunicación con los tags que pueden utilizar.
- Frecuencia de trabajo, UHF, HF o LF o también si se trata de un lector con frecuencias del estándar americano o europeo.



Fig. 1.2 Lector RFID de la casa Symbol.

El lector necesita la conexión de una antena adaptada a su frecuencia para poder comunicarse con el tag. Esta antena también es un parámetro importante

a la hora de diseñar un sistema de RFID, ya que podremos encontrar en el mercado antenas de polarización circular, polarización lineal, diversas ganancias, dimensiones y carcasas. Según la aplicación a diseñar escogeremos una u otra.

1.1.2. La etiqueta de RFID o tag.

La etiqueta RFID o TAG esta formada por una antena, y un chip que contiene la memoria donde se registran los datos de la etiqueta. La frecuencia de resonancia de la antena, que determina la frecuencia de operación de ésta, depende de la configuración de la antena. Dicha antena esta formada por un circuito resonante, con unas líneas de transmisión que simulan un circuito LC (una bobina y un condensador) ajustado para que trabaje a la frecuencia de resonancia f_R .

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1.1)$$

El tag puede ser pasivo, es decir, no es capaz de generar energía, por lo que necesitará de la energía proporcionada por un lector (llamadas *etiquetas pasivas*). Por otro lado existen tags que utilizan una fuente de energía como podría ser una batería interna a la etiqueta (llamadas *etiquetas semiactivas*), y con esta energía genera un campo magnético suficientemente fuerte que sea capaz de penetrar en la bobina del transmisor para poder funcionar correctamente. Por el contrario, existen etiquetas alimentadas en su totalidad por una pequeña batería (*etiquetas activas*), que son menos atractivas delante de las etiquetas pasivas o semiactivas, por el hecho de tener un mayor tamaño o coste en comparación con las anteriores.

El chip contiene la memoria que permite codificar todas las etiquetas con un número de identificación universal único. Es decir, cada una de las etiquetas dispondrá de un código y no podrá repetirse gracias a la estandarización de códigos. La codificación de las etiquetas se realiza en el proceso de fabricación del producto el cuál incluirá la etiqueta de identificación, será el fabricante del producto quién se responsabiliza de introducir un código único en cada etiqueta, (ya que normalmente el fabricante de tags que suministra las etiquetas, las suministra todas con la misma ID). Esto permite la diferenciación de cada uno de los productos, por ejemplo, podríamos diferenciar entre dos zapatos, de la misma marca, modelo, color, número de pie y lugar de fabricación; algo impensable en la actualidad.

Por otro lado las memorias de los chips pueden ser de dos tipos:

- De lectura (R): Solo permitirá leer los datos que hay grabados en la memoria del chip del Tag.
- De lectura y escritura (R/W): Permitirá escribir información personalizada a cada Tag, en varios campos de memoria libres que el fabricante dejará para que el usuario pueda registrar la información deseada.

El tamaño de la memoria del chip va desde los 64 bits hasta los varios Kbytes, dependiendo del tipo de aplicación.

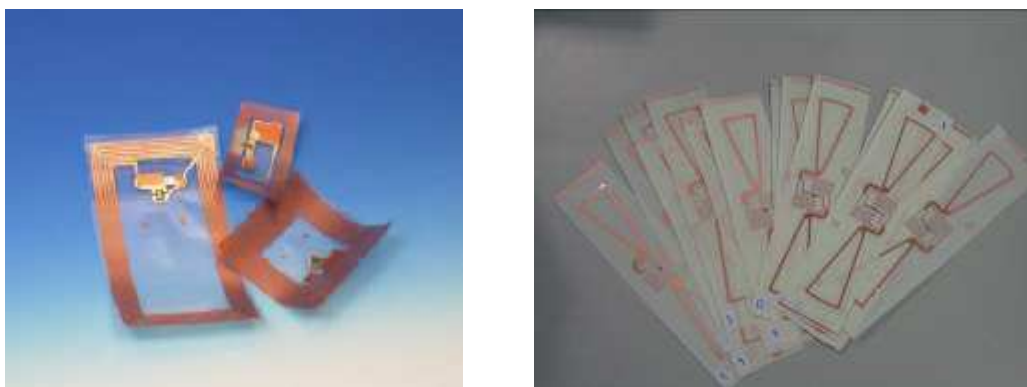


Fig. 1.3 Diferentes etiquetas de RFID o *Tags*.

Los diferentes Tags presentan distintos diagramas de radiación, debido en gran parte a la forma o diseño de la antena impresa en la etiqueta, que combinados con los de las antenas lectoras presentan una mayor robustez de lectura en determinadas aplicaciones y escenarios.

El tamaño de las etiquetas condiciona su alcance de lectura. Así, las etiquetas con menor longitud efectiva de la antena, disponen de una menor distancia de lectura. El diseño de las antenas optimiza el funcionamiento de la etiqueta en entornos específicos como el papel, o líquidos. La robustez de la etiqueta ante condiciones extremas hostiles como alta temperatura, humedad o vibraciones depende del acabo de la etiqueta. En condiciones muy adversas, como podría ser humedad, altas o bajas temperaturas, vibraciones, o incluso en ambientes de con una composición de materiales inadecuada, la etiqueta podría encapsularse con algún tipo de material y de esta manera beneficiarse o incluso ser más robusta.



Fig. 1.4 Tag encapsulado para uso en metal de Schreiner LogiData

Un Tag puede comunicarse con cualquier lector del mercado, siempre y cuando el lector utilice el mismo protocolo y trabaje a la misma frecuencia. Por lo tanto la diferencia básica que existe actualmente entre los tags es el

protocolo de comunicaciones que utiliza el chip. Existen diferentes protocolos, cada uno de ellos con características diferentes.

1.2. Principio físico del funcionamiento de RFID

Las diferentes tecnologías, tipos de antenas y requisitos dependientes de las aplicaciones finales, determinan las frecuencias de operación, las cuales determinan el tipo de etiqueta más conveniente. Los tamaños de las antenas de las etiquetas son proporcionales a la longitud de onda (λ). El diseño de una antena a baja frecuencia supondría un tamaño demasiado grande para ser funcional. A modo de ejemplo, una antena de longitud ($\lambda/2$) a frecuencia de 13,56MHz debería tener una longitud de 11,53 metros. La longitud calculada proporcionaría tamaños de etiqueta imposibles de utilizar en prácticamente cualquier aplicación. Es por ello, que a frecuencias del orden de los 13,56MHz, incluyendo frecuencias inferiores, se utiliza el acoplo magnético.

El principio básico de funcionamiento se basa en que el lector genera un campo magnético variable en el rango de frecuencias deseadas. Si alguna etiqueta se encuentra próxima a este campo magnético se induce una energía sobre la bobina (ley de Faraday). Si las frecuencias del lector y de la etiqueta coinciden, se produce una resonancia que deriva en una corriente eléctrica. Este campo es rectificado y sirve de alimentación al circuito, el cual retransmitirá su información interna, contenida en el chip. La siguiente figura muestra los principios básicos del acoplamiento magnético, principal uso en muchas de las aplicaciones de RFID de corto alcance:

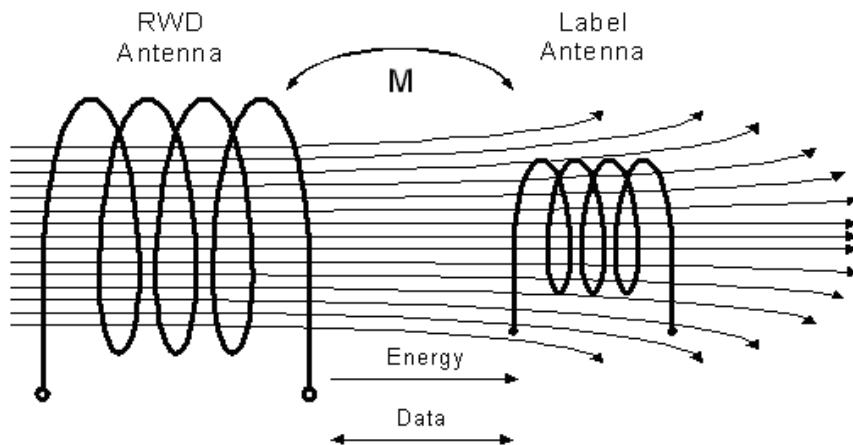


Fig. 1.5 Acoplo de los campos magnéticos del lector y la etiqueta.

La limitación del acoplo magnético, se basa en que la distancia entre las bobinas no exceda de $0,16\lambda$, esta distancia máxima entre el lector y las etiquetas, reduce el alcance del sistema, proporcionando fiabilidad en distancias cortas. A pesar de esta distancia limitada, son muchas las aplicaciones que pueden beneficiarse de esta tecnología a baja frecuencia,

como pueden ser los controles de la entrada en recintos, o el control de los hurtos en zonas muy pequeñas con pocos puntos de control, o en la identificación de ganado.

La alternativa a estas aplicaciones de acoplo magnético se basa en transmisión electromagnética de ondas. Para ello, se necesita una antena (no una bobina) para que pueda radiar y recibir energía del lector. Como el tamaño de la antena disminuye inversamente con la frecuencia, se utiliza una frecuencia de 866MHz, en la banda de UHF. Este aumento en la frecuencia permite diseñar antenas para las etiquetas de un tamaño inferior a los 15 cm. Estas antenas emitirán y recibirán radiaciones del lector a esta misma frecuencia. Al utilizar la propagación de ondas electromagnéticas, estas no se atenúan tan rápidamente llegando a conseguir distancias de lectura de varios metros, dependiendo del entorno de funcionamiento. Si el medio de propagación, el espacio libre (aire), no presenta ningún obstáculo, las distancias de lectura pueden llegar a la decena de metros. En caso contrario, si el medio entre el lector y la etiqueta presenta un alto nivel de absorción, las distancias de lectura pueden llegar a reducirse a pocos metros.

1.3. Estándares

EPC Gen2 es la abreviatura de "*EPCglobal UHF Generation 2*", es un estándar internacional para el uso de RFID y fue creado por la organización EPC Global y cuyo consejo superior de la organización incluye representantes de *EAN International, Uniform Code Council, The Gillette Company, Procter & Gamble, Wal-Mart, Hewlett-Packard, Johnson & Johnson, Checkpoint Systems* y *Auto-ID Labs*. Este estándar fue aprobado en el 2004 pero tuvo una oposición muy fuerte por parte de la empresa *Intermec*, por la posibilidad de que EPC Gen 2 pudiera infringir varias patentes suyas relacionadas con RFID. Se decidió que el estándar en sí mismo no infringía sus patentes, sino que pudiera ser necesario pagar derechos a *Intermec* si la etiqueta se leyera de un modo particular. En el futuro se espera que EPC Gen 2 sea la espina dorsal de todos los estándares de RFID.

En este proyecto se utiliza dicho estándar, ya que se considera que EPC Gen 2 el estándar con más futuro y garantiza una seguridad para posibles aplicaciones.

En el Anexo C se incluye más información sobre los estándares más utilizados actualmente.

1.4. Objetivos y posible aplicación del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de un carrito de la compra inteligente capaz de llevar a cabo la identificación automática de paquetes o productos introducidos en el carrito. Esta identificación se realizará mediante la

utilización de la tecnología de RFID en banda UHF, consiguiendo una detección de los productos con gran eficiencia en comparación con otros sistemas de identificación ya existentes. Otros de los objetivos será el habilitar el carrito para poder interactuar información dentro de un entorno donde sean posibles las transmisiones inalámbricas o por cable, ya sea con otro PC o con una pantalla táctil instalada en el carrito. El carrito estará equipado con un sistema RFID que constará de varias antenas, un lector, un sistema de transmisión inalámbrico. Además contará con un sistema de alimentación de todos los dispositivos del carro, que permita a éste gozar de autonomía energética durante un tiempo aceptable. Las especificaciones y detalles del material utilizado serán expuestos más adelante en los próximos capítulos de este proyecto.

Este proyecto se puede ubicar en cualquier lugar en el cual se necesite del transporte de paquetes o productos cuyo tamaño no sea excesivo, y se requiera de un carrito como medio de transporte de estos. Por ejemplo puede ser válido como aplicación en cualquier almacén donde se realicen pedidos o cualquier supermercado/hipermercado donde se introduzcan los productos en los carritos para su posterior compra.

Un ejemplo globalizado de una posible utilización de este proyecto puede ser el mostrado en la siguiente figura 1.5, donde se pueden observar diversos carritos equipados con sistemas RFID dentro de un entorno lleno de estanterías con productos o paquetes equipados con tags; estos carritos se comunican vía *wireless* con un ordenador o servidor, que lleva incorporado la base de datos con las diferentes características de todos los productos o paquetes; de esta manera el carro puede intercambiar información con el sistema de manera transparente al usuario.

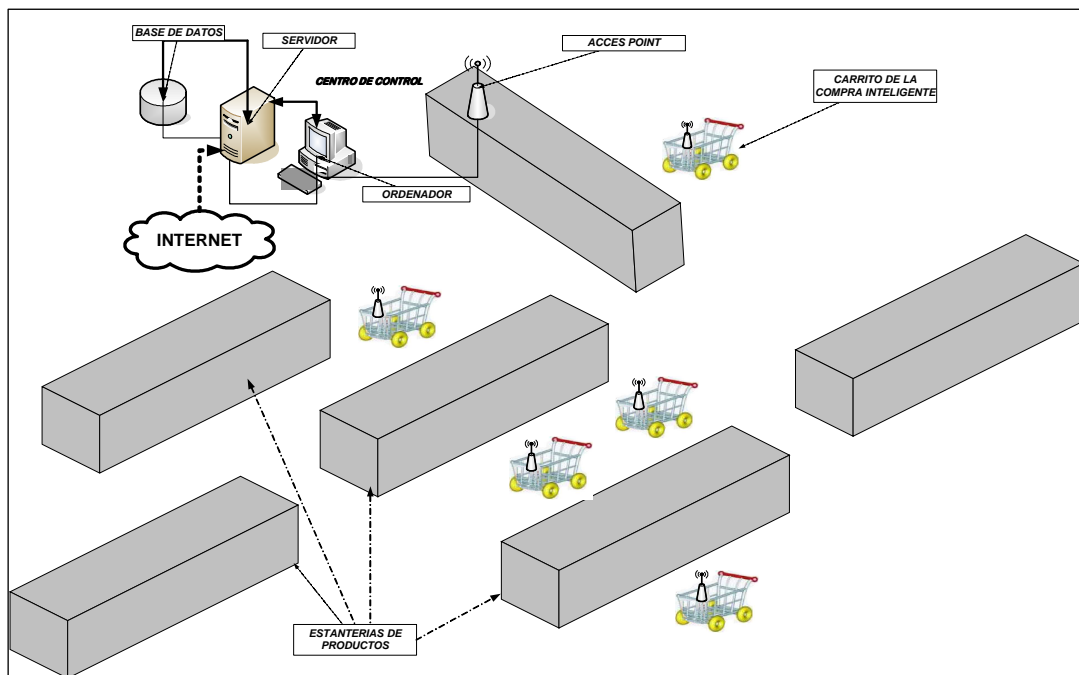


Fig. 1.6 Posible aplicación del carrito inteligente

1.5. Estado del arte

En este apartado se explican diversos proyectos realizados o en proceso de realización que actualmente hay en el panorama internacional, y en los cuales puede encontrarse cierta similitud con el objetivo que tiene este Trabajo Final de Carrera. Para poder realizar dicha tarea se utiliza Internet como principal herramienta de rastreo de información.

A continuación comentamos cada uno de los proyectos actuales con cierto parecido o similitud al proyecto realizado en este TFC.

1.5.1. Carro “Picking” con tecnología RFID en banda HF

Proyecto realizado en el 2003 por un estudiante de la EPSC, en el cual se utilizaba un carrito de “*Picking*” con la incorporación de antenas diseñadas previamente, y en la cual se utilizaba tecnología RFID en banda HF, en concreto a 13,56MHz de la banda libre ISM (*Industrial Scientific and Medical*).



Fig. 1.7 Imagen del carro “Picking” de RFID

La principal diferencia con nuestro proyecto, puesto que el objetivo tiene cierta similitud (la detección automática de productos o otros elementos con etiquetas de RFID incorporados), es la frecuencia de trabajo y todo el hardware que ello conlleva, ya que nuestro proyecto apuesta por la banda UHF, que a día de hoy es la banda frecuencial en auge para el uso RFID. También se puede destacar que nuestro carrito es de mayor tamaño a la vez de tener mucha más similitud a un carrito de la compra que se pueda encontrar en cualquier supermercado.

1.5.2. Shopping Navis Wagon

Proyecto desarrollado en Japón por las empresas *Fujitsu*, *Jusco*, *Dai Nipon* y el gobierno japonés a principios del 2006. Se empezó a probar en supermercados de EE.UU. y Japón durante este mismo año. El proyecto consiste en un carrito de la compra inteligente equipado con una pantalla LCD y un lector RFID manual que detectaría los productos con tarjetas RFID incorporadas a ellos, estos serían mostrados por la pantalla LCD junto con una

serie de características sobre ellos, como podría ser precio, fecha de caducidad, posibles ofertas, etc.



Fig 1.8 Imagen del Shopping Navis Wagon

El objetivo de realización de este proyecto se asemeja al nuestro, ya que es la identificación mediante RFID en banda UHF y el uso de un carro con diseño de un clásico carrito de la compra. Pero se encuentran varias diferencias; la primera que el lector utilizado por el Shopping Navis Wagon es manual, es decir, incorpora lector y antena en el mismo equipo, haciendo así que el cliente que lo use deba coger el lector y pasarlo sobre los productos del carrito. Por el contrario nuestro proyecto incorpora al carrito un lector y varias antenas fijas las cuales no tienen que ser sujetadas y pasadas por encima de los productos para la detección automática de éstos. Otra diferencia es el carrito en si, ya que es de una capacidad considerablemente inferior al nuestro y fabricado con un material metálico a diferencia del nuestro que es de un material plástico y más ligero. El Shopping Navis Wagon incorpora una pantalla LCD para ofrecer información sobre los productos detectados, cosa que nuestro proyecto no contempla, pero que no es incompatible en una futura ampliación o mejora del proyecto.

1.5.3. The EXTRA METRO Group Future Store

Proyecto también denominado “El supermercado del Futuro de Rheingberg”, fue realizado en el 2005 en Alemania por la cadena de supermercados *METRO* junto a la empresa del sector tecnológico *IBM*, teniendo entre otras las empresas *Intel*, *SAP* y *Cisco* como proveedoras en este proyecto. Este no es un proyecto exactamente igual el nuestro, pero pueden encontrarse similitudes en lo que a idea, objetivo o tecnología se refiere, ya que se basa en la unión de una serie de tecnologías innovadoras, entre ellas la RFID, para la realización de mejoras de calidad, servicio y rapidez dentro de las actividades de un supermercado, en las que se incluye la detección automática de productos mediante tarjetas RFID.



Fig. 1.9 Imágenes del EXTRA METRO Group Future Store de Rheingberg.

Una de las principales diferencias con nuestro proyecto aparte de las ya mencionadas anteriormente, es la detección automática de los productos, dado que se lleva a cabo al atravesar un arco equipado con antenas de RFID y no instantáneamente al ser introducidos en el carrito de la compra, como pasaría en nuestro proyecto.

1.5.4. Shopping Buddy

Proyecto desarrollado en el 2004 por la empresa *IBM* en EE.UU. y que fue probado por primera vez en un supermercado de la cadena *Stop & Shop* en el estado de Massachussets. Este proyecto se le conoce como “*A Kiosk on Wheels*” o Kiosco con ruedas, es que una especie de ayudante de compra, es decir, una pequeña computadora instalada en el carrito que mediante un scanner o lector manual detecta todos los productos que incorporen una tarjeta de RFID. Esta computadora ofrece información instantánea tanto del producto como del precio total de la compra que lleva el carrito. Además se tiene la posibilidad de personalizar dicha computadora mediante la introducción de unas tarjetas personales configuradas previamente según el perfil del cliente, que permitirían al carrito ofrecer información sobre los productos que normalmente se consumen, como por ejemplo, el pasillo en el cuál se encuentran los productos, las ofertas que surjan o información de éstos según nuestros hábitos alimentarios. En la actualidad el Shopping Buddy esta en funcionamiento en gran parte de los supermercados de esta cadena estadounidense.



Fig. 1.10 Imágenes del Shopping Buddy

Las diferencias entre este proyecto y el nuestro son muy similares a las ya nombradas antes con el Shopping Navis Wagon, en el cual incluye un lector de mano en lugar de un lector y antenas fijas. La incorporación de una computadora en este caso, dota al carrito de la capacidad de interactuar con el cliente de una manera visual, mientras que nuestro proyecto a primera instancia tiene la capa de negocio de datos con el usuario de una forma transparente a él, es decir, que toda la información viajaría de manera inalámbrica y se negociaría en el ordenador o servidor que diese soporte a la aplicación. Aún así no se descarta como en el caso del Shopping Navis Wagon, que en una ampliación del proyecto se incorporase un display o pantalla que ofreciese información visual al cliente sobre los productos del carrito, ya que nuestro proyecto tiene la infraestructura necesaria para realizar dicha operación.

1.5.5. GROCER

Proyecto de investigación de la Unión Europea, que ha desarrollado un consorcio formado por *The Information Highway Group* (IHG), IESE (Universidad de Navarra) y la empresa portuguesa *ENABLER* durante el año 2004. GROCER es un proyecto que consiste en un asistente de compra de fácil manejo mediante una pantalla táctil, que se instala en el carrito de un supermercado. Este aprovecha todas las posibilidades que nos pueden dar las tecnologías inalámbricas, entre ellas RFID, wifi o bluetooth.



Fig. 1.11 Imágenes del proyecto GROCER

Este proyecto no se asemeja demasiado al nuestro pero podría ser un complemento ideal ya que necesita de la capacidad de un carrito preparado para la detección automática para poder funcionar correctamente y explotar todas sus posibilidades.

CAPÍTULO 2. PRUEBAS DE IDENTIFICACIÓN

2.1. Introducción

Las pruebas que se realizan a continuación tienen como objetivo encontrar una distribución de antenas concreta para el carrito, es decir, saber el modelo de lector y antenas, el número exacto de antenas y la posición de cada una de las antenas en el carrito. Esto se llevará a cabo con el propósito de que esta aplicación funcione de la mejor manera posible. Para conseguir este objetivo se realizan pruebas, que consisten en testear la capacidad de identificación de tags adheridos a diferentes productos.

Las pruebas de detección constarán de 2 tipos de medidas:

- 1) Testear tres distribuciones de productos fijados en el interior del carrito, que han sido concretados previamente.
- 2) Testear cien distribuciones aleatorias de productos en el interior del carrito.

El objetivo en ambos tipos de medida, es obtener el promedio de eficiencia de detección de sus respectivos números de lecturas.

En cada una de las pruebas se realizan estos dos tipos de medidas. Las pruebas son nombradas por orden alfabético desde la “A” a la “J”. La diferencia entre éstas es el material utilizado y la distribución de dicho material en el carrito, es decir, cada prueba tiene una distribución de antenas diferente y se utilizan diferentes modelos de antenas y lectores de RFID. Todo ello con el propósito de encontrar el sistema de RFID óptimo para esta aplicación.

A continuación se muestran unas imágenes para hacer una idea, de cómo será el proceso de las pruebas.



Fig. 2.1 Producto con su tag adherido



Fig. 2.2 Carrito con antenas en fase de pruebas

2.2. Preparación previa a las pruebas

Antes de realizar las pruebas es necesaria una preparación previa. Dentro de esta preparación se encuentran las siguientes fases:

- Asignación de ID's para los nuevos tags.
- Comprobación de funcionamiento de cada tag.
- Colocación de los tags en cada producto y proceso de encapsulación de los tags que lo requieran.
- Realización de las 3 distribuciones de productos en el interior del carrito.

En los siguientes apartados se explican brevemente en que consisten estas diferentes fases del previo a las pruebas. Para obtener información más extendida sobre este proceso previo y cada una de sus fases, se puede consultar el punto 1 del Anexo B.

2.2.1. Asignación de ID's

Los tags nuevos y recién fabricados están en un formato en el cual no pueden ser utilizados directamente, esto es debido a que el fabricante los entrega en un rollo de decenas o centenas de etiquetas, además de llevar asignados todas las etiquetas una misma ID de serie, la cual elige el fabricante. Por lo tanto el primer paso debe ser separar cada uno de los tags mediante una guillotina o tijeras y asignar nuevas ID's según convenga.

El proceso de asignación ID's, variará dependiendo del lector de RFID utilizado. En este caso, al realizar pruebas con dos lectores diferentes (*Samsys MP9320* y *Symbol XR400*), se deberán seguir dos procedimientos distintos. (En el anexo B será explicado el proceso detallado de cada uno de los dos procesos de asignación de ID's)

El resultado final de dichos procesos es mostrado en las siguientes tablas:

Tabla 2.1 ID's asignadas para cada tag y producto en las pruebas con el lector *Samsys MP9320*.

Nº de TAG	ID del TAG	PRODUCTO
1	300833B2EF10A4CF8E000001	<i>Galletas Clásicas</i>
2	300833B2EF10A4CF8E000002	<i>Macarrones</i>
3	300833B2EF10A4CF8E000003	<i>Aceite de Girasol</i>
4	300833B2EF10A4CF8E000004	<i>Lejía</i>
5	300833B2EF10A4CF8E000005	<i>Insecticida</i>
6	300833B2EF10A4CF8E000006	<i>Soluble de Cacao</i>
7	300833B2EF10A4CF8E000007	<i>Lavavajillas Coral</i>
8	300833B2EF10A4CF8E000008	<i>Suavizante</i>
9	300833B2EF10A4CF8E000009	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
10	300833B2EF10A4CF8E000010	<i>Cereales Corn Flakes</i>
11	300833B2EF10A4CF8E000011	<i>Tetabrik de Leche</i>
12	300833B2EF10A4CF8E000012	<i>Lata de Tomate frito</i>
13	300833B2EF10A4CF8E000013	<i>Agua de Colonia</i>
15	300833B2EF10A4CF8E000015	<i>Papel de cocina</i>
16	300833B2EF10A4CF8E000016	<i>Garrafa de agua</i>
17	300833B2EF10A4CF8E000017	<i>Detergente labadora</i>
18	300833B2EF10A4CF8E000018	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
19	300833B2EF10A4CF8E000019	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>

Tabla 2.2 ID's asignadas para cada tag y producto en las pruebas con el lector *Symbol XR400*.

Nº de TAG	ID del TAG	PRODUCTO
1	300833B2EF10A4CF8E050001	<i>Galletas Clásicas</i>
3	300833B2EF10A4CF8E050003	<i>Macarrones</i>
12	300833B2EF10A4CF8E050012	<i>Aceite de Girasol</i>
13	300833B2EF10A4CF8E050013	<i>Lejía</i>
16	300833B2EF10A4CF8E050016	<i>Insecticida</i>
17	300833B2EF10A4CF8E050017	<i>Soluble de Cacao</i>
18	300833B2EF10A4CF8E050018	<i>Lavavajillas Coral</i>
19	300833B2EF10A4CF8E050019	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>
21	300833B2EF10A4CF8E050021	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
22	300833B2EF10A4CF8E050022	<i>Cereales Corn Flakes</i>
23	300833B2EF10A4CF8E050023	<i>Tetabrik de Leche</i>
24	300833B2EF10A4CF8E050024	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
25	300833B2EF10A4CF8E050025	<i>Agua de Colonia</i>
26	300833B2EF10A4CF8E050026	<i>Papel de cocina</i>
27	300833B2EF10A4CF8E050027	<i>Garrafa de agua</i>
28	300833B2EF10A4CF8E050028	<i>Detergente labadora</i>
29	300833B2EF10A4CF8E050029	<i>Lata de Tomate frito</i>
30	300833B2EF10A4CF8E050030	<i>Suavizante</i>

Como se observa en algunos casos de la tabla 2.2 los tags son iguales que en la tabla 2.1.

2.2.2. Comprobación del funcionamiento de cada tag

Una vez asignadas las ID's distintas a cada tag, se comprueba y verifica su correcto funcionamiento antes de colocarlos en cada uno de los productos. Para confirmarlo los tags se someten a dos tipos de comprobaciones o medidas.

Estas medidas consisten en comprobar si los tags son leídos a una cierta distancia fijada previamente. Las distancias son 2,5 m. y 90 cm. (distancia del carrito de punta a punta)

2.2.3. Colocación de los tags en cada producto

A la hora de colocar los tags en los diferentes productos se valora la situación una a una, es decir, producto por producto, porque cada producto puede tener un comportamiento totalmente diferente a otro, ya sea por su diseño o por su composición.

Normalmente los productos se suelen clasificar según la reacción o efectos que provoquen sobre la señal de RF y por tanto sobre el comportamiento del tag. Los productos pueden ser transparentes (no varían la señal), absorbentes (absorben parte de la potencia de la señal) o reflejantes (reflejan la señal o parte de ella).

Como se ha mencionado en un apartado anterior, uno de los hechos más conflictivos para la detección del tag es la composición del producto o lugar en el cuál lo queremos colocar, por eso se debe hacer mención a aquellos productos cuya composición puedan hacerlo clasificar como conflictivo. La clasificación de productos de este proyecto, no tendrá como criterio el efecto que provoque en nuestra señal RF, si no que serán clasificados según su composición.

2.2.3.1. *Productos metálicos*

Todos los productos que estén compuestos o contengan metal son productos conflictivos, por dos razones.

- 1) El producto puede hacer de escudo y reflejar o impedir que la señal mandada por la antena llegue al tag, haciéndolo a este indetectable. En estos casos la colocación del tag es clave.

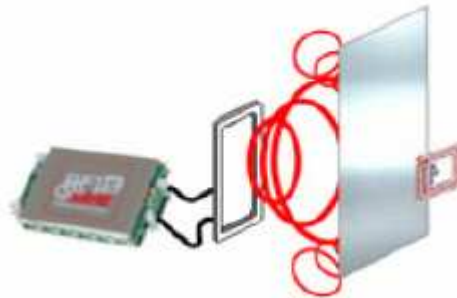


Fig. 2.3. Dibujo esquemático del efecto reflexión.

- 2) Si el producto está compuesto totalmente o prácticamente de metal, provocará que toda la superficie del tag este colocada sobre el metal, esto produce una desadaptación de la impedancia de la antena del tag que impide que el tag trabaje (reciba y transmita) a la frecuencia deseada, y por tanto anulará su funcionamiento. Una posible solución a este problema es la encapsulación del tag, es decir, recubrirlo o añadirle con algún tipo de aislante, que haga dicha función entre el producto y el tag.

En cualquier caso el lugar de la colocación del tag será clave, siempre se buscará alguna zona del producto que este hecha de plástico, papel o cartón, que facilite así la detección del tag.

2.2.3.2. *Productos líquidos*

Todos los productos que contengan líquidos pueden dificultar la detección del tag, ya que estos son atenuantes de las ondas de radiofrecuencia y provoca el llamado efecto absorción. Este efecto también conocido como *Loss* (perdidas), provoca que haya menos potencia disponible para que el tag pueda devolver la señal. Dependiendo del líquido que se trate, del tamaño del área que este líquido ocupe y por tanto del área que deban de atravesar las ondas de RF provocará mayor o menor atenuación en la señal.

Cabe decir, que en este proyecto no se ha encontrado ningún producto que impida la detección del tag, pero si que reste potencia y a su vez eficacia, a medida que lo alejamos de la antena.

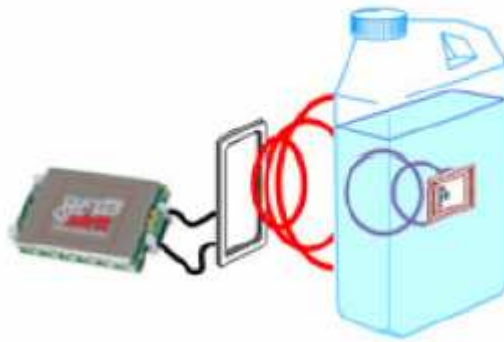


Fig. 2.4. Dibujo esquemático del efecto absorción.

2.2.3.3. *Productos químicos*

Muchos de los productos que pertenecerían a la zona de droguería, pueden clasificarse como productos conflictivos por ser productos absorbentes, debido a que sus compuestos pueden ser fuertes atenuantes de las ondas de radiofrecuencia, en algunos casos pueden llegar atenuar más que el agua, como podrían ser algunos lavavajillas o quita grasas.

Una vez explicados las posibles complicaciones a tener en cuenta, en el Anexo B podrá consultarse la colocación detallada de los tags en cada uno de los productos, ya que se ha comentado con anterioridad, el comportamiento de un producto es diferente a otro.

2.2.4. Realización de las tres distribuciones de productos

Una de las medidas tomadas durante la realización de cada una de las pruebas ha sido observar el comportamiento, en lo que eficiencia se refiere, de cada una de las distribuciones de antenas ante tres distribuciones de productos concretas en el interior del carrito.

El hecho de escoger tres distribuciones no significa que se quieran obtener conclusiones a nivel general de la aplicación, ya que son una infinidad las posibles variantes de distribuciones. Lo pretendido es realizar el estudio detallado de la aplicación y ver el comportamiento de ésta delante de tres situaciones en concreto, a lo largo de todas las pruebas. Las distribuciones siguen un nivel de dificultad ascendente en cuanto detección de los productos se refiere, es decir, la primera distribución es una distribución aparentemente sencilla a la hora de detección, la segunda distribución adquiere un grado mayor de complejidad y la tercera distribución es a priori la más compleja de las 3.

En el Anexo B se encuentra el proceso detallado de la realización de cada una de las tres distribuciones de productos en el interior del carrito, explicando sus pertinentes criterios de realización.

Como ejemplo de lo que se puede encontrar en el Anexo B se muestra una tabla, que representa los productos que aparecen en la segunda distribución coloreados de color rosa, además se adjunta la correspondiente fotografía de esta distribución.

Tabla 2.4 ID's, tags y productos de la distribución 2.

Nº de TAG	ID del TAG	PRODUCTO
1	300833B2EF10A4CF8E050001	<i>Galletas Clásicas</i>
3	300833B2EF10A4CF8E050003	<i>Macarrones</i>
12	300833B2EF10A4CF8E050012	<i>Aceite de Girasol</i>
13	300833B2EF10A4CF8E050013	<i>Lejía</i>
16	300833B2EF10A4CF8E050016	<i>Insecticida</i>
17	300833B2EF10A4CF8E050017	<i>Soluble de Cacao</i>
18	300833B2EF10A4CF8E050018	<i>Lavavajillas Coral</i>
19	300833B2EF10A4CF8E050019	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>
21	300833B2EF10A4CF8E050021	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
22	300833B2EF10A4CF8E050022	<i>Cereales Corn Flakes</i>
23	300833B2EF10A4CF8E050023	<i>Tetabrik de Leche</i>
24	300833B2EF10A4CF8E050024	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
25	300833B2EF10A4CF8E050025	<i>Agua de Colonia</i>
26	300833B2EF10A4CF8E050026	<i>Papel de cocina</i>
27	300833B2EF10A4CF8E050027	<i>Garrafa de agua</i>
28	300833B2EF10A4CF8E050028	<i>Detergente labadora</i>
29	300833B2EF10A4CF8E050029	<i>Lata de Tomate frito</i>
30	300833B2EF10A4CF8E050030	<i>Suavizante</i>



Fig. 2.5. Imagen de la 2ª distribución de productos.

2.3. Prueba A

En esta prueba se ha realizado tan solo una de las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Samsys MP9320 2.8e* con 3 antenas *Poynting A0003-02*. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

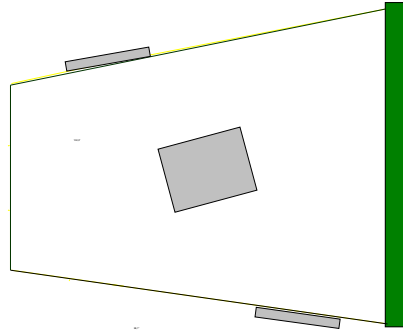


Fig. 2.6. Distribuciones de las antenas en la prueba A.

Tabla 2.5 Resultados pruebas A.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	63,52	X

2.4. Prueba B

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 1 antena *Matrics* pequeña. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

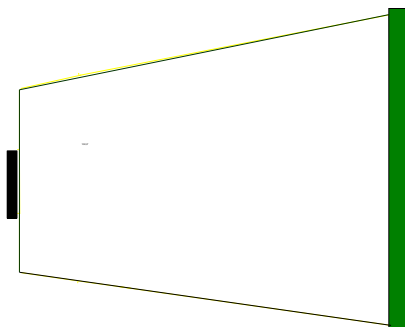


Fig. 2.7. Distribución de la antena en la prueba B.

Tabla 2.6 Resultados pruebas B.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	86,86	71,01

2.5. Prueba C

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 1 antena *Matrics* pequeña. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

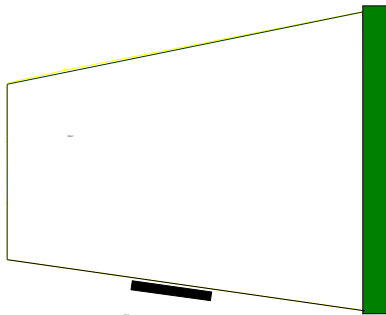


Fig. 2.8 Distribución de la antena en la prueba C.

Tabla 2.7 Resultados pruebas C.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	74,45	66,73

2.6. Prueba D

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 1 antena *Matrics* pequeña. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

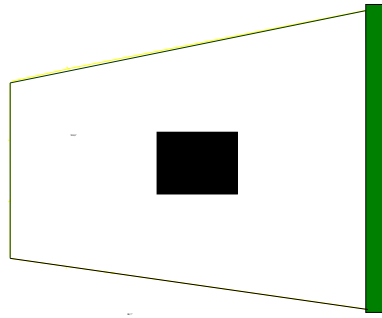


Fig. 2.9 Distribución de la antena en la prueba D.

Tabla 2.8 Resultados pruebas D.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	72,6	63,78

2.7. Prueba E

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 2 antenas *Matrics* pequeñas. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

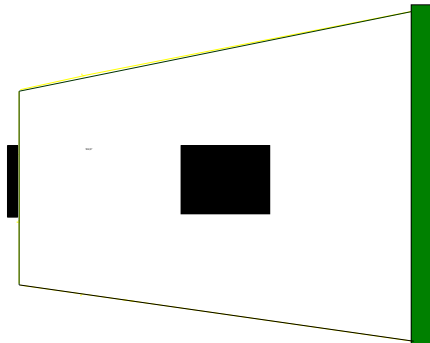


Fig. 2.10. Distribuciones de las antenas en la prueba E.

Tabla 2.9 Resultados pruebas E.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	87,78	87,39

2.8. Prueba F

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 2 antenas *Matrics* pequeñas. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

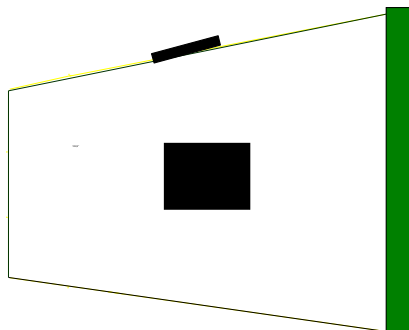


Fig. 2.11. Distribuciones de las antenas en la prueba F.

Tabla 2.10 Resultados pruebas F.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	92,78	86,06

2.9. Prueba G

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 2 antenas *Matrics* pequeñas. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

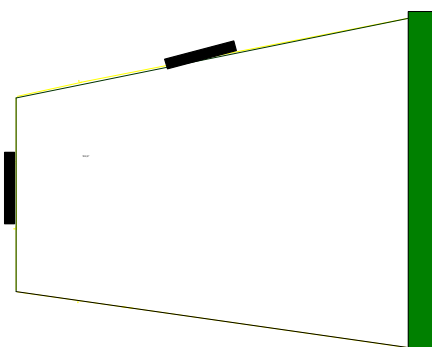


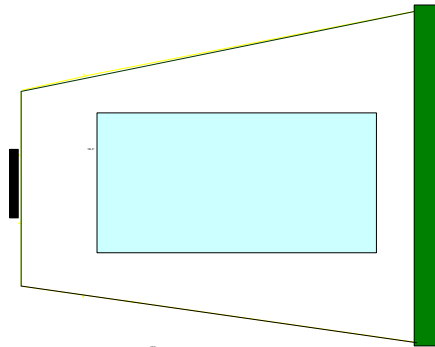
Fig. 2.12. Distribuciones de las antenas en la prueba G.

Tabla 2.11 Resultados pruebas G.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	95,93	89,67

2.10. Prueba H

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 1 antena *Matrics* pequeña y 1 antena *Matrics* grande. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

**Fig.2.13.** Distribuciones de las antenas en la prueba H.**Tabla 2.12** Resultados pruebas H.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	92,22	86,67

2.11. Prueba I

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 1 antena *Matrics* pequeña y 3 antenas *Matrics* grande. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

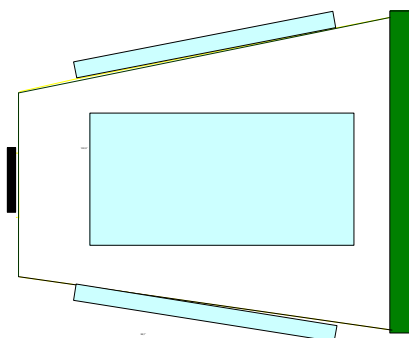


Fig. 2.14. Distribuciones de las antenas en la prueba I.

Tabla 2.13 Resultados pruebas I.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	100	96,56

2.12. Prueba J

En esta prueba se han realizado las dos mediciones correspondientes a cada prueba, utilizando como material el lector *Symbol XR400* con 3 antena *Matrics* pequeña y 1 antena *Matrics* grande. La distribución de antenas se aprecia en la siguiente figura.

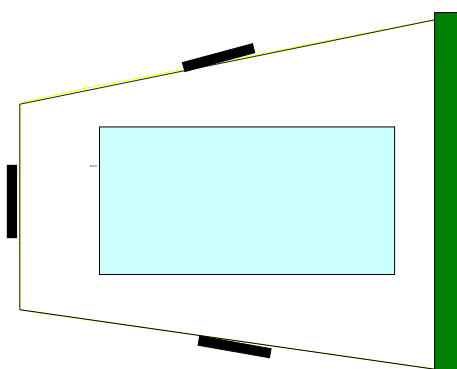


Fig. 2.15. Distribuciones de las antenas en la prueba J.

Tabla 2.14 Resultados pruebas J.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	100	96,45

2.13. Comparativa de las pruebas

En este apartado se pueden observar los resultados más representativos obtenidos en las pruebas anteriores, desde la “A” a la “J”. También se realiza una comparación entre ellos.

Tabla 2.15. Comparación entre las eficiencias de las diferentes pruebas y medidas.

PRUEBA	Distribución de antenas	Tipo antena + Lector	EFICIENCIA DE LAS MEDIDAS (%)	
			3 distribuciones	100 distribuciones
A	1 en cada lateral + 1 debajo	3 Poynting + Samsys	63,51	x
B	1 frontal	1 Matrics pequeña + Symbol	86,85	71,01
C	1 lateral	1 Matrics pequeña + Symbol	74,45	66,73
D	1 debajo	1 Matrics pequeña + Symbol	72,59	63,78
E	1 debajo + 1 frontal	2 Matrics pequeña + Symbol	87,78	87,39
F	1 debajo + 1 lateral	2 Matrics pequeña + Symbol	92,77	86,06
G	1 lateral + 1 frontal	2 Matrics pequeña + Symbol	95,92	89,67
H	2 debajo + 1 frontal	(1 Matrics grande + 1 Matrics pequeña) + Symbol	92,22	86,67
I	7 antenas = (2 debajo + 1 frontal + 4 laterales)	(3 Matrics grande + 1 Matrics Pequeña) + Symbol	100	96,56
J	5 antenas = (2 debajo + 1 frontal + 2 laterales)	(1 Matrics grande + 3 Matrics pequeña) + Symbol	100	96,45

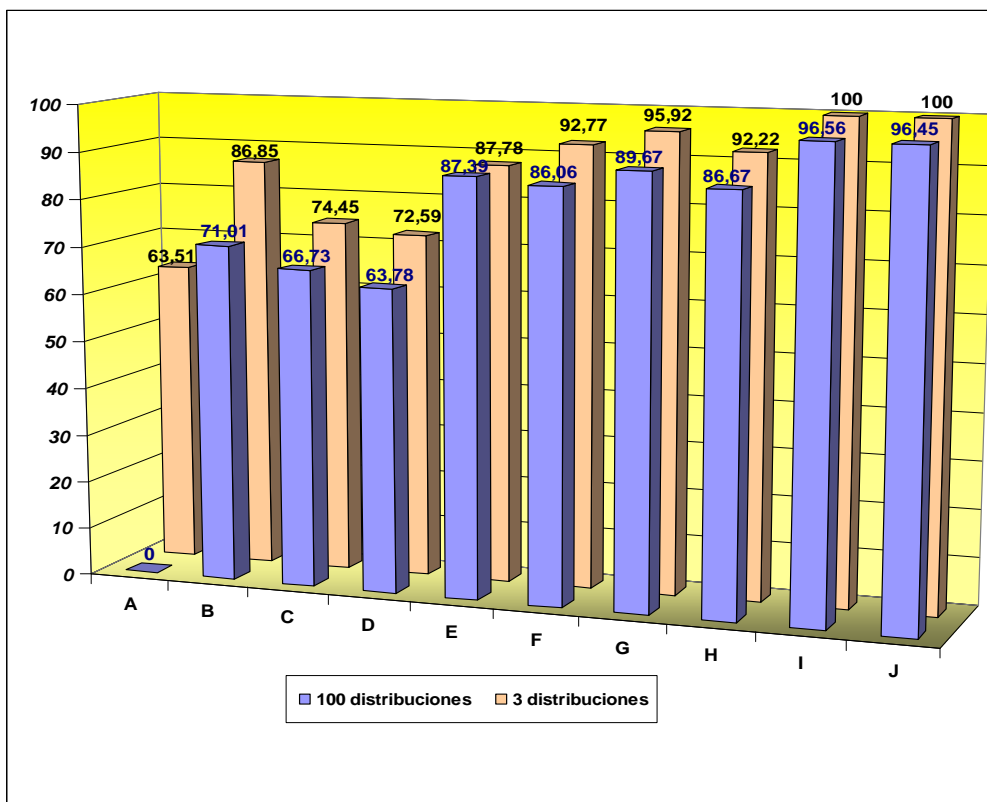


Fig. 2.16. Gráfica comparativa eficiencia de las pruebas

Tabla 2.16. Recuento de las repeticiones de productos no detectados a lo largo de las pruebas H, I y J.

PRODUCTO	Nº de veces que NO se detecta el producto
<i>Galletas Clásicas</i>	1
<i>Macarrones</i>	9
<i>Aceite de Girasol</i>	3
<i>Lejía</i>	17
<i>Insecticida</i>	28
<i>Soluble de Cacao</i>	6
<i>Lavavajillas Coral</i>	28
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	42
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	11
<i>Cereales Corn Flakes</i>	5
<i>Tetabrik de Leche</i>	32
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	84
<i>Agua de Colonia</i>	37
<i>Papel de cocina</i>	6
<i>Garrafa de agua</i>	15
<i>Detergente lavadora</i>	5
<i>Lata de Tomate frito</i>	10
<i>Suavizante</i>	27

Con un degradado descendente de colores grises se observan los productos que menos se han detectado.

Tabla 2.17. Relación entre el número de antenas, su máxima eficiencia y su error.

Nº de antenas	Eficiencia máxima (%)	Error de detección (%)
1	71,01	28,99
2	89,67	10,33
3	86,67	13,33
5	96,45	3,55
7	96,56	3,44

2.14. Colocación estética de los tags en los productos

Una vez llegado a este punto se deben colocar los tags de una manera más estética, de manera que produzca menos impacto visual en el producto. Todo esto debe hacerse de tal manera que los tags no pierdan capacidad a la hora de ser detectados. Se encuentran casos en los cuales no será posible mejorar la colocación estética, por ejemplo el “Tetabrik de Leche” o “Lata de Tomate frito”. En estos casos se utiliza otro modelo de tag, o se reemplaza el producto por otro similar que pueda actuar como sustituto. Tal proceso ha sido descrito con detalle en el anexo B.

2.15. Conclusiones de las pruebas

Las pruebas de identificación dejan varias conclusiones evidentes, se separan en dos tipos de conclusiones, algunas genéricas sobre este tipo de pruebas y otras más específicas.

CONCLUSIONES GENÉRICAS

- ❖ Es imposible conseguir un promedio eficiencia de detección del 100%.
- ❖ El aumento del promedio de eficiencia de detección suele estar relacionado con el número de antenas utilizadas, pero no en todos los casos es así.
- ❖ Los productos metálicos y líquidos dificultan en gran medida la identificación de los tags adheridos a ellos.
- ❖ El comportamiento de productos metálicos dentro de un carrito es difícilmente predecible, ya que puede afectar a la detección de los tags tanto de manera positiva como negativa.
- ❖ La infinidad de posibles combinaciones de distribuciones de productos en el carrito, y el gran número de tipos de productos diferentes hace imposible garantizar que una distribución de antenas en concreto será capaz de detectar todos los posibles casos de distribuciones dentro del carro.
- ❖ Cada producto y la colocación de su tag a éste es diferente a otro, requiere de un estudio completo de todas las posibles colocaciones del tag, para poder asegurar un mejor funcionamiento a la hora de ser detectado.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- ❖ El lector *Samsys MP9320 2.8e* no es el más adecuado para este tipo de aplicación. En cambio el lector *Symbol XR400* proporciona buenos resultados independientemente del tipo de antena utilizada.
- ❖ Es posible conseguir altos promedios de eficiencia de lectura, 96'56%, aunque sea empleando un elevado número de antenas.
- ❖ Llegados a un punto (5 antenas), el aumento de antenas en la aplicación no aumenta de manera sustancial el resultado de las pruebas de identificación.
- ❖ La distribución de la prueba I, con 7 antenas empleadas, es la distribución que mayor eficiencia de detección consigue (96,56%).
- ❖ La distribución de la prueba H, consigue una mayor eficiencia de trabajo, ya que empleando 2 antenas menos que en la prueba I, se consiguen unos resultados muy similares (96,45%).
- ❖ El producto que menos veces conseguimos detectar es claramente "Bolsa de patatas fritas", seguido de "Latas de Schweppes Naranja", "Agua de colonia" y "Tetrabrik de Leche".
- ❖ Si los productos nombrados en el anterior punto fueran excluidos, el promedio de la eficiencia de detección aumentaría notoriamente.
- ❖ Si se utilizarán cables de RF más cortos entre las antenas y el lector aumentaría el promedio de la eficiencia de detección.

CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se definen los componentes que finalmente formarán parte del carrito de la compra inteligente. Además se implementarán en éste de tal manera que todo el material y hardware pueda convivir y funcionar a la perfección.

3.1 Definir el equipo completo de RFID

Antes de implementar el equipo de RFID al carrito, se definirá dicho equipo, y para ello se deberá saber con exactitud que componentes lo compondrán.

3.2 Lector RFID y distribución de antenas

La primera característica que define el equipo de RFID es el lector que se utiliza, la opción elegida es el *Symbol XR400* por dos motivos:

- 1) Los resultados obtenidos con éste son los más positivos, como ha quedado evidenciado en las pruebas.
- 2) El menor volumen y peso del lector en si, ya que es una de las restricciones que se encuentra en el momento de la implementación en el carrito.

El siguiente paso es definir la distribución final de antenas y las antenas que se van a emplear. Por resultados, la más convincente es la distribución con 5 antenas correspondiente a la prueba J, dicha distribución se puede apreciar en la siguiente figura:

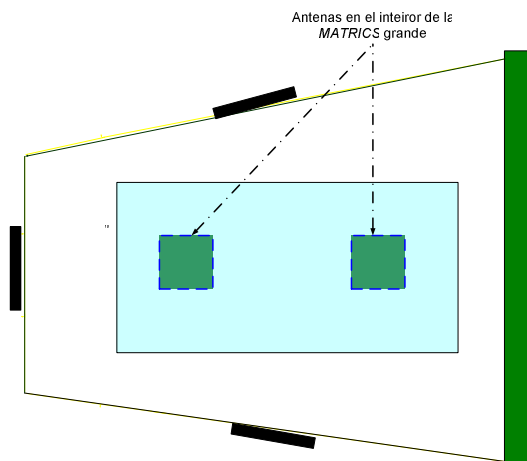


Fig. 3.1. Distribuciones de las antenas en la prueba J.

El motivo por el cual se ha escogido esta distribución, es la obtención de unos resultados prácticamente idénticos a las pruebas realizadas con el máximo número de antenas (siete), pero utilizando tan sólo cinco antenas.

3.3 Tipo de antenas

Las antenas que van a ser utilizadas es un elemento muy importante en esta implementación. En principio deberían ser las antenas utilizadas en la prueba J. Pero a continuación se explica paso a paso los motivos que llevan a elegir unas antenas diferentes.

3.3.1 Primera elección

En la prueba J se utilizan 3 antenas *Matrics* pequeñas y 1 antena *Matrics* grande. Como ya se ha comentado en esta memoria la antena *Matrics* grande esta compuesta en su interior por 2 antenas *Matrics* pequeñas. La única diferencia entre ambas antenas, es que la *Matrics* grande tiene un *beam width* $-3dB$ (ancho de haz a menos 3dB) 10 grados mayor a las *Matrics* pequeñas. Aunque para este caso (campo cercano) es algo irrelevante, ya que esta característica solo puede apreciarse en medidas de campo lejano (debido a que es un parámetro no definido en campo cercano). Por tanto sabido lo anterior no existirán diferencias aparentes entre el uso de estos dos tipos antenas.

Como en todo proyecto real, el tema económico es otro punto importante, y es el que hace decantarse por la utilización de las antenas *Matrics* grandes, debido a que el precio de una de ellas es prácticamente el mismo a el de una antena *Matrics* pequeña, es decir, una antena del interior de la *Matrics* grande costará la mitad de precio que una *Matrics* pequeña.



Fig. 3.2. Antenas *Matrics* grandes con y sin tapa.

3.3.2 Variación en la elección

El siguiente paso a realizar es separar las antenas de la carcasa de aluminio de la antena *Matrics* grande, que a su vez esta carcasa funciona como plano de masa de las dos antenas. Antes de extraerlas mediremos su parámetro S_{11} para verificar que esta por debajo de los $-10dB$, y por tanto, que la potencia reflejada sea menor a un 10% de la potencia transmitida por la antena (mirar

formula 3.1). Tomamos como referencia -10dB, porque una antena para la utilización de RFID se suele considerar que tiene un buen funcionamiento si su parámetro S_{11} es igual o menor a -10dB.

$$S_{11} = \frac{Pot_{Rflej}}{Pot_{TX}} = -10dB \Rightarrow S_{11} (lineal) = 10^{-1} = 0,1$$

$$S_{11} = \frac{Pot_{Rflej}}{Pot_{TX}} = 0,1 \Rightarrow Pot_{Rflej} = 10\% \text{ de } Pot_{TX}$$

(3.1)

Todas las antenas que se encontraban en la *Matrics* grande, en total cinco, tienen un parámetro S_{11} entre los -13,5 dB y los -25,6 dB tanto en banda europea (865MHz) como en americana (915MHz), así es funcionan correctamente como se esperaba. El problema surge al extraerlas de esta carcasa, (y por tanto al extraerlas de su plano de masa, para que de esta manera puedan ser colocadas en unas planchas de aluminio de menor tamaño hechas a medida), ya que al volver a medirse su parámetro S_{11} resulta más elevado, del orden de los -7 dB a -9 dB en la banda europea, con lo cual, las antenas dejan de funcionar como se deseaba.

La conclusión extraída es que el problema se debe a un conjunto de posibles factores, como pueden ser los siguientes:

- La reducción del plano de masa y pérdida de simetría de este.
- La posibilidad que el tipo de aluminio de las planchas no sea exactamente igual al tipo de aluminio que formaba la carcasa de la antena.
- La posibilidad que el desmonte de la antena haya provocado pérdidas de precisión en la distancia entre la antena y el plano de masa.

Una vez observado esto, se toma la decisión de utilizar otro tipo de antenas, ya que la *Matrics* grande no esta preparada para que sus antenas sean extraídas y funcionen por separado.

3.3.3 Elección definitiva de las antenas

Una vez han estado descartadas las antenas *Matrics* grandes, se debe elegir entre las antenas *Matrics* pequeñas y las *Poynting A0003-02*. Por temas económicos y de disponibilidad se opta por utilizar las antenas *Poynting A0003-02*, siendo colocadas en las mismas posiciones que en la distribución de antenas correspondiente a la prueba J.

Para optimizar el espacio utilizado en el carrito se reduce el tamaño de dichas antenas. Por ello, en primer lugar se vuelve a medir el parámetro S_{11} de cada una de las antenas. Una vez medidos todos los parámetros se extrae la

carcasa y se cortan 4 cm. del plano de masa por cada lado, se puede observar dicho proceso en la figura 3.3. Con las antenas ya cortadas, vuelven a ser medidos los parámetros S_{11} de éstas para comprobar su correcto funcionamiento. En la tabla 3.1 se observan los valores medidos de dichos parámetros.



Fig. 3.3. Proceso de reducción de tamaño de la antena *Poynting A0003-02*.

Tabla 3.1. Valores del parámetro S_{11} de las antenas, antes y después de ser cortadas.

Nº de Antena		MEDIDA PARÁMETRO S_{11}	
		<i>Antes de ser cortadas</i>	<i>Después de ser cortadas</i>
1	BW Europea	-18 dB	-14,5 dB
	BW Americana	-32 dB	-18,7 dB
2	BW Europea	-35 dB	-22,3 dB
	BW Americana	-25 dB	-29 dB
3	BW Europea	-26 dB	-18 dB
	BW Americana	-27,2 dB	-22,7dB
4	BW Europea	-18 dB	-14,8 dB
	BW Americana	-32,1 dB	-18,3 dB
5	BW Europea	-19 dB	-18,2dB
	BW Americana	-26 dB	-20,3 dB

Como se puede observar todas las antenas tienen un parámetro S_{11} por debajo de los -10 dB y por tanto pueden ser utilizadas sin perder calidad, (en lo que potencia reflejada se refiere), en comparación con las antenas Poynting A0003-02 de serie.

3.4 Sistema de alimentación

El equipo de RFID una vez incorporado al carrito necesitará un sistema de alimentación que le proporcione una autonomía energética, y de esta manera no tener la necesidad de alimentarse permanentemente de la red eléctrica

convencional. Para todo esto utilizaremos el denominado Sistema de Alimentación Ininterrumpida o SAI.

3.5 SAI

Un Sistema de Alimentación Ininterrumpida o SAI, también conocido con su acrónimo en inglés UPS (Uninterrupted Power Supply), es un dispositivo que puede proporcionar energía eléctrica tras producirse un apagón o corte de eléctrico a todos los dispositivos conectados a él. Esto lo consigue gracias a la conexión de una batería de gran capacidad, y al ser capaz de regular el flujo de electricidad entre la red y esta misma.

Los dispositivos conectados a un SAI se les denominan cargas críticas, pueden ser equipos médicos, industriales o informáticos, que requieran una alimentación ininterrumpida y de calidad, debido a la necesidad de estar en todo momento operativos y sin picos o caídas de tensión.

Un ejemplo podría ser la colocación de un SAI al servidor informático de una empresa para hacerle a éste inmune delante de posibles microcortes eléctricos. Otro caso podría ser este proyecto, en el cuál nos permite gozar de autonomía energética durante un período de tiempo en el cual nuestro equipo de RFID requiere de un gran consumo energético.

Existen dos tipos de SAI, de continua o de alterna, y diversas tipologías de SAI, como pueden ser: *Passive stand-by*, *Line-interactive*, *Double-conversion*, *On-line*, *Off-line*, *Comput-online*.

Para escoger el SAI correcto se deben de tener en cuenta varios aspectos, entre ellos el más importante el consumo del dispositivo crítico, es decir, el lector de RFID y la batería que se utilicen.

3.6 Elección de los componentes para la alimentación

El lector que se utiliza, Symbol XR400, tiene un consumo según su *datasheet* de 24 VDC y 1,2 Amperios en valores nominales, por tanto se necesita que el SAI proporcione al lector estos 24 voltios.

La batería que se utilice junto al SAI será otro elemento clave del sistema de alimentación. Se requiere una batería de gran capacidad y que sea capaz de proporcionar los 24 V que necesita el lector. Sabiendo que no se dispone de una gran capacidad de espacio en el carro, la batería deberá ser del menor tamaño posible. Teniendo en cuenta estos factores se opta por utilizar dos baterías de 12 V, para que proporcionen los 24 V deseados, en concreto la batería de la casa *Yuasa*, modelo NP7-12, cuya capacidad nominal es de 7Ah y su peso de 2,65 Kg.



Fig. 3.4. Batería de la casa *Yuasa*, modelo NP7-12..

Finalmente teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados en los apartados anteriores se ha decidido escoger el SAI de la casa *PULS Dimension*, en concreto el modelo UB10.241. Los principales motivos de esta decisión han sido los siguientes:

- Pequeño tamaño y peso.
- La disponibilidad de un conversor a su salida que transforma 12V a 24V y que permite prescindir de una de las dos baterías.
- Bajo coste en relación a otros SAI.
- Posibilidad de uso de las baterías aún a pesar de no estar cargadas al 100%.



Fig. 3.5. SAI modelo UB10.241, de la casa *PULS Dimension*.

La entrada del SAI no estará directamente conectada a la red eléctrica convencional que proporciona unos 220-230 V, ya que su entrada requiere de unos 24 V, por eso se le colocará a la entrada de nuestro SAI un transformador que pase de 220V a 24V. En principio el mismo transformador del lector serviría para dicho objetivo, pero se utilizará una fuente de alimentación, en concreto la fuente de *Deutronic* modelo *E-TOP 120-24*. Esta fuente realizará la misma función, además de entregar un nivel de corriente (5A) superior al transformador (3A), de esta forma prevenimos posibles aumentos de consumo de energía por parte de ampliaciones de este proyecto, en lo que alimentación directa desde una fuente o transformador se refiere.



Fig. 3.6. Fuente modelo E-TOP120-24, de la casa *Deutronic*.

La distribución final de los diferentes componentes que forman el sistema de alimentación se puede ver representada de forma esquemática en la siguiente figura.

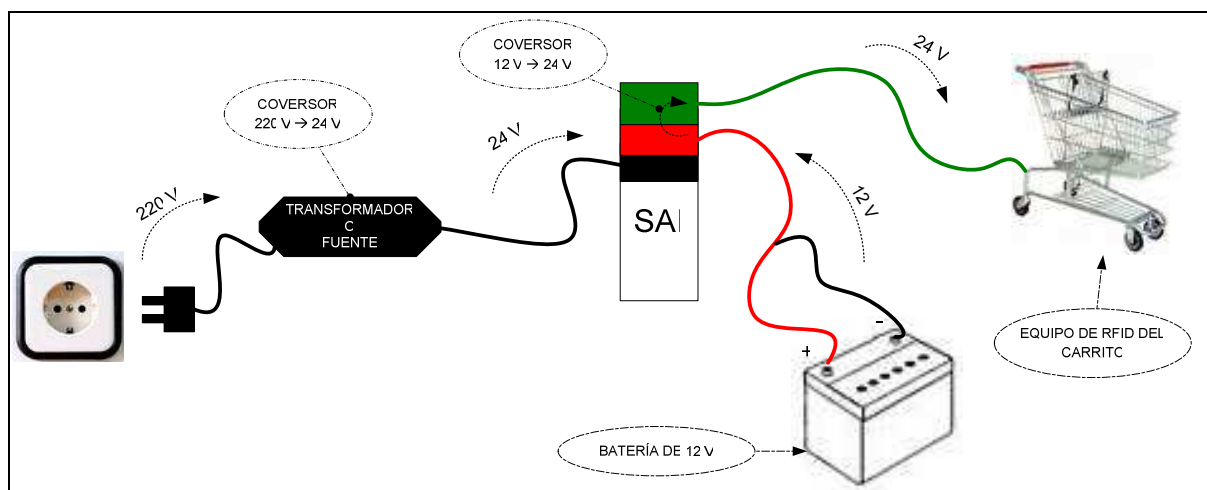


Fig. 3.7. Esquema del sistema de alimentación

Cabe recalcar que tanto el SAI como la batería están colocados en la parte inferior del carrito, mientras que el transformador o fuente no están ubicados en el carrito.

3.7 Prueba de tiempo de autonomía del carrito

Para realizar la prueba de capacidad de autonomía del carrito se deberá realizar una carga máxima del sistema de alimentación, es decir, cargar al máximo la batería a través del SAI, y descargarse posteriormente mediante el

uso del sistema de RFID (lector y antenas). Durante este proceso se tomarán medidas de los valores de tensión en los bornes de la batería cada cierto tiempo. En la siguiente tabla se muestran los resultados de este proceso.

Tabla 3.2. Medidas de la prueba de tiempo de autonomía del carrito.

Medida	PROCESO DE CARGA		PROCESO DE DESCARGA	
	Instante de tiempo	Voltaje	Instante de tiempo	Voltaje
1	00.00 h	11,30 V	00.00 h	13,11 V
2	01.03 h	12,34 V	00.53 h	12,20 V
3	01.43 h	12,50 V	03.05 h	11,82 V
4			03.32 h	11,50 V
5			04.19 h	11,10 V
6			04.39 h	11,30 V

Las principales conclusiones que pueden extraerse son que el carrito tiene un tiempo de autonomía próximo a las 5 horas, gracias en parte a dos aspectos:

- ❖ La gran capacidad de la batería de 12 V (que llega hasta los 13,11 V reales).
- ❖ La posibilidad que el SAI permita seguir trabajando hasta un valor de tensión de 11,3 V en los bornes de la batería, es decir, un 94,1% de la tensión máxima de la batería.

3.8 Cableado de RF

Otro elemento importante de la aplicación será la de la unión del lector de RFID con las antenas. Como se ha comentado anteriormente, durante todo el proyecto se utilizan cables de RF de la empresa *Amphemol RF*. Dichos cables se someterán a un proceso concreto, haciéndose a medida y siendo embellecidos posteriormente para evitar un fuerte impacto visual en el carro. El proceso será el siguiente:

- Se tomarán las medidas pertinentes entre las diferentes antenas y el lector de RFID.
- Se cortarán a medida los cables de RF.
- Antes de poner y grimpar los conectores a los cables, se colocarán a los cables tubos de plástico termorretráctil de color amarillo.
- Colocarán los conectores y se grimparán.
- Mediante la pistola de calor será adherido el plástico termorretráctil al cable.
- Finalmente se colocarán los cables uniendo el lector con las antenas.

3.9 Prueba K: Prueba de detección con implementación

La realización de esta prueba es posterior al proceso de colocación estética de los productos y la realización de los cables a medida. El lector utilizado es el Symbol XR400 mientras que las antenas son las Poynting A0003-02 con las modificaciones explicadas a lo largo de este capítulo.

Las medidas tomadas son las mismas que se han realizado a lo largo de todas las pruebas (3 distribuciones y 100 distribuciones), además de realizar un recuento de los productos no detectados a lo largo de éstas. En la siguiente figura se podrá apreciar la distribución de antenas utilizada en la prueba.

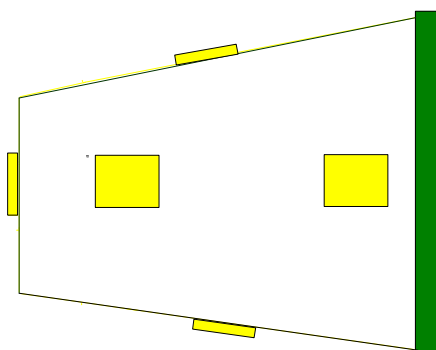


Fig. 3.8. Distribuciones de las antenas en la prueba K.

Tabla 3.3 Resultados pruebas K.

	MEDICIONES	
	3 distribuciones	100 distribuciones
Eficiencia de detección (%)	x	94,56

En el anexo B podemos encontrar más información sobre esta prueba.

3.10 Medios de comunicación del carrito

El lector dispone de varios puertos de comunicación entre él y otros dispositivos. En este proyecto se utiliza el puerto de red Ethernet, de esta manera el lector y en definitiva el carro, podrá comunicarse con cualquier PC vía TCP/IP, es decir, tendrá una IP (192.168.0.35) y podrá formar parte de cualquier LAN (*Local Area Network*) o WLAN (*WirelessLAN*) como si de un *host* más se tratase, mediante la previa configuración de tal red.

Durante todo el proyecto se han realizado pruebas entre el lector y un PC, conectados por un cable RJ-45, formando una LAN. Según sea el propósito el

carrito podrá comunicarse con el PC de esta forma o de manera inalámbrica, creando una WLAN mediante un adaptador inalámbrico en la salida del puerto del lector y un punto de acceso en la salida del PC.

3.11 Encapsulación de componentes y puesta apunto

Una parte importante de la implementación es la encapsulación o recubrimiento de muchos de los componentes que se utilizan, en la siguiente tabla 4.3 se observan los componentes que serán encapsulados y sus correspondientes carcasas o cajas.

Para más información sobre los encapsulados consultar el Anexo A.

Tabla 3.4. Componentes y sus encapsulados

Componente	Tipo de encapsulado	Material
<i>Antenas Poynting A0003-02</i>	Carcasa	Plástico
<i>Batería</i>	Caja	Acero
<i>SAI</i>	Caja	Metal
<i>Fuente de alimentación</i>	Caja	Metal
<i>Componentes bajos del carro</i>	Carcasa	Plástico

3.12 Colocación final de todos los componentes en el carro

El último de los procesos de implementación no es otro que colocar, fijar y anclar todo el equipo y componentes al carrito. Mediante el uso de varias herramientas como tornillos, tuercas y pequeñas placas de aluminio perforadas con métrica 6, se fija todo el equipo al carrito. Se puede ver la finalización de este proceso en las siguientes imágenes.

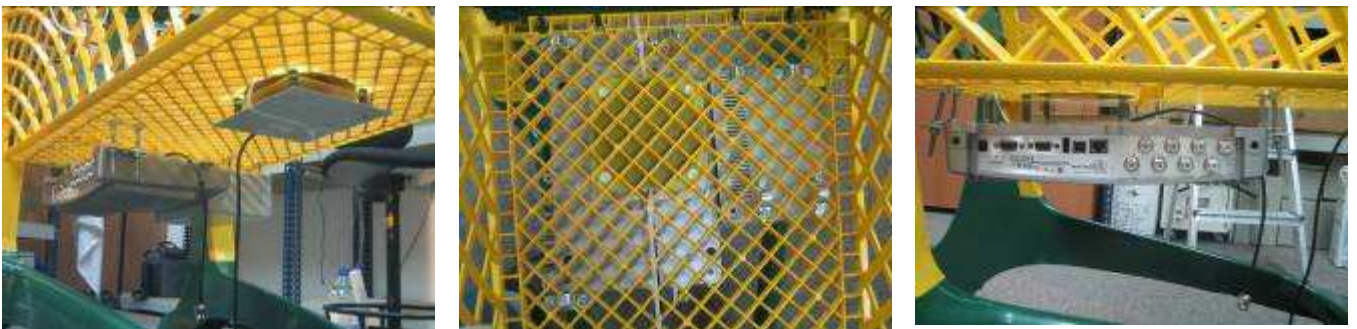


Fig. 3.9. Imágenes de componentes colocados y fijados al carrito.

CAPÍTULO 4. ASPECTOS ECONÓMICOS

En este capítulo se tratan todos los aspectos económicos relacionados con este proyecto. Incluyendo un presupuesto sobre el coste de la realización y materiales del proyecto. También se reflexiona sobre la posibilidad de una inversión en este proyecto y su hipotética rentabilidad.

4.1 Presupuesto del proyecto

En la siguiente tabla se mostrará el presupuesto del proyecto, incluyendo material y mano de obra empleado en la realización de este prototipo.

Tabla 4.1. Presupuesto del proyecto.

PRESUPUESTO DEL PROTOTIPO DEL CARRITO				
Componente	Modelo	Unidades	Precio (€)/unidad	PRECIO (€)
Carrito		1	120	120
EQUIPO DE RFID				
Lector RFID	Symbol XR400	1	2300	2300
Antena RFID	Poynting A0003-02	5	300	1500
Cables RF	Amphemol RF	5	60	300
Tags	Avery Dennison	30	0,5	15
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN				
SAI	PULS Dimension UB10.124	1	139	139
Batería	Yuasan NP7-12	1	16,38	16,38
Fuente	Deutronic E-TOP120-24	1	76,25	76,25
ENCAPSULADOS DE LAS ANTENAS				
Caja Batería	SOLBOX de Retex	2	35	70
Caja SAI	CA70 NP	1	12	12
Encapsulados antena	Dissenys Plàstics S.A.	5	400	2000
PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN				
Tornillería		1	15,5	15,5
Bridas		2	30	60
Corte de antenas y planchas		1	20	20
COMUNICACIÓN WIRELESS				
Acces Point	BELKIN F5D7130	1	55,85	55,85
Adaptador inalámbrico	BELKIN F5D7330	1	55,85	55,85
Cable RJ-45		1	10	10
MANO DE OBRA				
horas de trabajo		640	30	19200
INVERSIÓN EN RECICLAJE				
Futuro reciclaje de la aplicación	A3 Aprofit. Asses. Ambiental S.L.	1	40	40
TOTAL				26005,83

Se incluye el coste de un futuro reciclaje de los posibles desechos de los componentes que forman el carrito, incluida la batería de ácido-plomo. Tal reciclaje podría ser llevado a cabo por cualquier empresa que tenga por actividad la recogida y reciclaje de materiales desechos. Como ejemplo se toma una empresa catalana *A³ Aprofitament Assesorament Ambiental S.L.*, situada en la población de *Les Franqueses del Vallès*, que realiza tal actividad.

4.2 Rentabilidad de una posible inversión

Una vez obtenido el coste que supone la realización de este prototipo (26.005,83 €) se reflexiona sobre hipotéticos inversores, interesados en obtener una mejora de sus actuales costes.

Un hipotético inversor en este prototipo sería una gran superficie de supermercados o hipermercados, siempre interesados en reforzar su logística para minimizar costes, al mismo tiempo que maximizar ventas mediante nuevas técnicas de marketing, como pudiera ser la estimulación de sus clientes a través de nuevos sistemas que faciliten compra.

Tomando como hipótesis la superficie MERCADONA S.A., situada en la localidad de *Esplugues de Llobregat*, y utilizando los datos cedidos por un empleado de la misma, se reflexiona y realiza una aproximación sobre la rentabilidad de la utilización del prototipo.

En el análisis de coste y rentabilidad de la inversión se toma el puesto de cajero/a como elemento comparativo, por su similitud con la funcionalidad de este prototipo, dado que es el cajero/a la persona encargada de detectar el código de barras de cada producto que se factura por caja.

Tabla 4.2 Coste de inversión Actual en Supermercados MERCADONA.

COSTE DE INVERSIÓN ACTUAL			
Nº de cajeros en plantilla	Sueldo bruto(€) cajero/mes	Meses de sueldo	TOTAL (€)
20	1.300	12	312.000

Tabla 4.3 Coste de inversión en el prototipo.

COSTE DE INVERSIÓN EN CARRITO INTELIGENTE	
Coste prototipo carrito (€)	26.005,83
Coste de carrito en cadena producción (€)	10.402,34
Nº de carritos en la superficie	100
Coste medio de mantenimiento carritos	15% del coste total
TOTAL sin mantenimiento (€)	1.040.234
TOTAL con mantenimiento (€)	1.196.269,1
Coste TOTAL + I.V.A.	1.387.672,16

Se estima un coste de fabricación en serie equivalente al 40% del coste total de un prototipo, dada la reducción de costes en componentes, procesos y mano de obra que conlleva la fabricación de mayores tiradas.

Visto los resultados de las tablas 4.2 y 4.3 se observa que el coste actual de personal (312.000 €) es inferior a la inversión necesaria para los 100 carritos (1.387.672,16 €) y, la primera impresión que se obtiene es que tal inversión no sería rentable. No obstante, la realidad resultaría bien diferente respecto de tal impresión ya que los costes de personal se repiten cada ejercicio anual y la inversión en los carritos inteligentes no produce costes a partir del segundo ejercicio. Esto se representa en la gráfica de la figura 4.1.

Si bien el carrito podría funcionar correctamente durante unos 15 o 20 años, se considera una vida útil de 8 años, teniendo en cuenta la permanente y rápida evolución tecnológica.

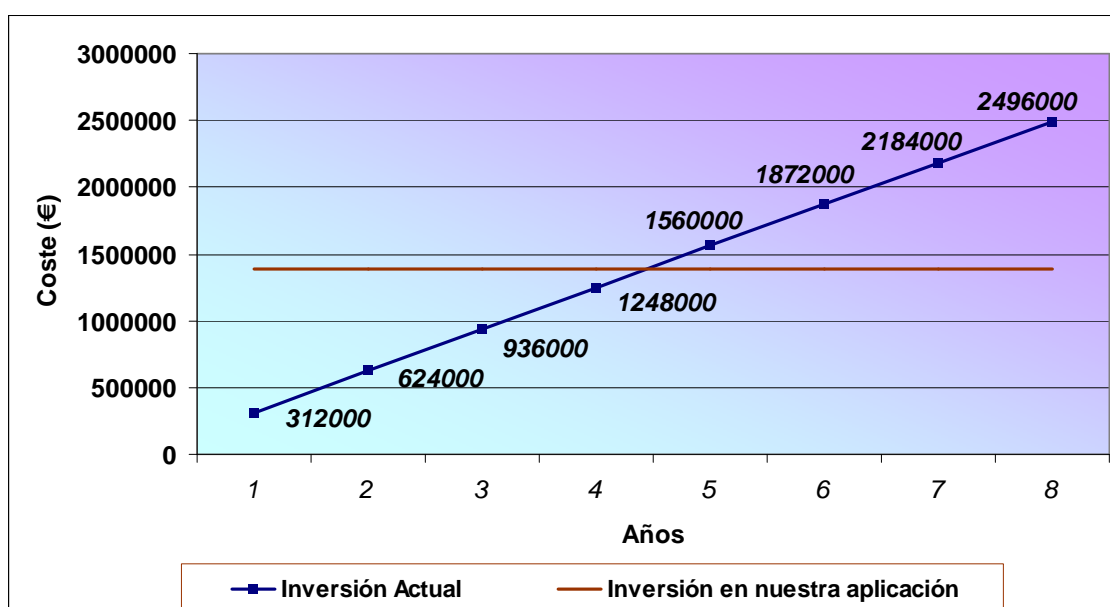


Fig. 4.1. Gráfica comparativa de costes durante los 8 años de vida útil.

Como se observa en la gráfica de la figura 4.1, el punto de retorno de la inversión, en el cual los costes de personal acumulados igualarían el coste de la inversión en carritos, se produciría antes de terminar el 5º año, y a partir de éste, tal reducción acumulada de costes superaría el coste total de la inversión en los 100 carritos inteligentes, y se generaría rentabilidad positiva hasta el final de la vida útil estimada en 8 años.

Esta inversión aun conseguiría mayor rentabilidad si se ubicara en una superficie de mayor envergadura, en la que número de empleados y carritos fuesen de mayor dimensión.

Cabe decir que los valores expuestos son aproximados, ya que hay tener en cuenta otros factores a los cuales no se han podido tener acceso. Uno de estos

factores es comparar el error de detección entre esta aplicación (5,4%) y la actual (desconocida).

Aunque este no sería un factor demasiado relevante, dado que actualmente y con mayor frecuencia, las grandes superficies utilizan el denominado contrato estimatorio con sus proveedores (*contrato mercantil que permite acordar cualquier tipo de cláusula o estipulación que no sea contraria a la ley*). Destaca como cláusula muy utilizada, el pago al proveedor exclusivamente de los productos facturados por caja. Este hecho minimiza hipotéticos problemas por diferencias entre errores de detección. Aun así el error de detección del 5,4% obtenido por este prototipo podría reducirse con la evolución o mejora de la aplicación.

Otro factor no cuantificado en el cálculo de rentabilidad de la inversión, y que es claramente favorable para esta aplicación, es la velocidad en la identificación y facturación de los productos. Un carrito corriente lleno de productos emplea una media de 6 o 7 min., mientras que este prototipo lo realizaría en cuestión de segundos.

La reducción de tiempo expuesta supondría para la gran superficie una evidente mejora de servicio al cliente, con la consiguiente repercusión positiva en facturación y beneficios.

CAPÍTULO 5. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Este proyecto presenta varios aspectos medioambientales importantes:

- ❖ El tratarse de un sistema de emisión de ondas electromagnéticas en un posible escenario en contacto constante con las personas.
- ❖ El poder contaminar el espectro frecuencial tan restringido, del cual se dispone.
- ❖ El uso de material no biodegradable y en algún caso contaminante, que requiere de un correcto reciclaje una vez se ha clasificado como desecho material.

5.1 Normativa RFID: ETSI EN 302208

Todos los sistemas de RFID, como emisores de ondas electromagnéticas están sujetos a una normativa.

La banda de UHF se encuentra dentro de las radiaciones no ionizantes. Las radiaciones no ionizantes son aquellas conocidas cuya energía no es la suficiente para poder ionizar las células de los seres vivos.

Actualmente no existen evidencias científicas en relación a los posibles efectos biológicos que pueden producir las radiaciones no-ionizantes, especialmente a largo plazo por pequeñas exposiciones repetidas o prolongadas. No hay estudios científicos que aporten pruebas concluyentes que permitan establecer un modelo de actuación, animal o celular que demuestre una relación causa-efecto, entre los campos electromagnéticos y la aparición de patologías severas para la salud humana.

Las normas de uso de las tecnologías en radiofrecuencia son ratificadas por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute). La normativa actualmente vigente para RFID en la banda de UHF es el indicado por las siglas EN 302208. La normativa limita el uso de la **ERP** (*Equivalent Radiated Power*) o potencia radiada equivalente, por un sistema de RFID en la banda de 865 a 867.6 MHz en 2 W, es decir, la potencia que el lector entrega a la antena, por la ganancia de ésta referenciada con la ganancia de un dipolo, no puede ser nunca superior a 33dBm (2 W).

$$ERP = 2W = 33dBm = P_{tx}(dB) + G_{antRFID}(dBi) - G_{dipolo}(dBi)$$

$$G_{dipolo} = 1,64 = 2,15 dBi \quad (5.1)$$

En este proyecto no se infringe en ningún caso la normativa que obliga el no superar los 2 W (33dBm) de ERP. Esto se debe al trabajar siempre por debajo de los 29dB entregados a las antenas, y que ninguna antena supera los 6,15dBi de ganancia.

5.2 Materiales desechos

Este proyecto esta sujeto a las normativas actuales que regulan todo tipo de trabajo con materiales electrónicos o contaminantes. Las principales normativas medioambientales de regulan el manejo de este tipo de materiales son las siguientes:

- ❖ **WEEE** (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) 2002/96/CE, o en español, **Directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos**.
- ❖ **RoHS** (*Restriction of the use of certain Hazardous Substances*) 2002/95/CE, o en español, **Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos**.

La directiva **WEEE** entró en vigor el 13 de agosto de 2005, y pretende promover el reciclaje, la reutilización y la recuperación de los residuos de equipos electrónicos y eléctricos para reducir su contaminación. En aplicación del principio “quien contamina paga”, responsabiliza a los productores de asumir los costes de gestión de los residuos generados, aunque ello suponga el pago de una tasa de reciclaje por parte del consumidor cuando adquiera el producto eléctrico o electrónico. Si el fabricante está obligado a asumir estos costes al final de ciclo de vida del producto, esto le obliga a replantearse la etapa de diseño con el fin de adaptarla a los requisitos de gestión de residuos y de este modo reducir dichos costes posteriores. En esta etapa inicial será donde intervenga una directiva complementaria, la **RoHS** y en la etapa final, la **WEEE**.

La directiva **RoHS**, fue adoptada en febrero de 2003 por la Unión Europea, pero entró en vigor el 1 de julio de 2006, hay que aclarar que no es una ley, es simplemente una directiva. Esta directiva restringe el uso en cierta medida de seis materiales peligrosos en la fabricación de varios tipos de equipos eléctricos y electrónicos, estos materiales son los siguientes:

- ❖ Plomo, Mercurio, Cadmio y Cromo IV. (Metales pesados)
- ❖ PBB y PBDE. (Sustancias retardantes de las llamas usadas en algunos plásticos)

Como se ha comprobado, en este proyecto tan solo se utiliza un componente que contenga uno de estos seis materiales restringidos por la directiva **RoHS**, y es la batería *Yuasa NP7-12*, que contiene plomo. Pero este componente esta exento de dicha directiva, debido a que las baterías no están incluidas dentro del alcance de **RoHS**, ya que se rigen por su propia directiva, 91/157/CEE, relativa a las pilas y acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas, cumpliendo la batería dicha directiva sin ningún problema.

Además siguiendo las normas de la directiva **WEEE**, se incluye dentro del presupuesto los costes, el coste de reciclaje del carrito, dando como ejemplo el posible contrato de los servicios de la empresa *A³ Aprofitament Assesorament Ambiental S.L.*, para que se ocupe de la retirada y reciclaje de los desechos materiales generados por este proyecto.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y VÍAS FUTURAS

La realización de este proyecto ha aportado diferentes conclusiones; la primera es la confirmación de la posibilidad de realizar un sistema de identificación móvil mediante RFID, con un gran promedio de eficiencia de detección (94,6%), con un error bajo (5,4%) y con una autonomía energética considerable (4horas y 39 minutos).

A pesar de los resultados finales positivos, se han de destacar las dificultades encontradas durante el proyecto, tales como numerosas y laboriosas pruebas de identificación de los productos en el carrito, ya que por la infinidad de casos y situaciones posibles, se requería el mayor número de muestras posibles para conseguir un promedio significativo de cada una de las pruebas.

Al finalizar dichas pruebas se llegó a la conclusión de que la colocación de cinco antenas distribuidas por el carrito (dos en la parte inferior, una en cada lateral y otra en la parte frontal), es la que obtiene una mejor relación entre el número de antenas utilizadas y la eficiencia conseguida, ya que utilizar un número mayor de antenas no aporta mejoras relevantes.

Otra de las dificultades ha sido la colocación de los tags en cada producto, teniendo que estudiar cada caso en concreto y debiendo dejar la balanza equilibrada entre el correcto funcionamiento del tag en el producto y la colocación estética de éste, llegando a la conclusión de que en muchos casos adquiere un grado de complejidad elevado.

La implementación del carrito fue otro de los aspectos que hizo recapacitar más sobre el diseño de la aplicación, ya que se contaba con un escenario limitado y en cual se debían realizar los menores cambios posibles sobre el carrito original. Durante el proceso de desarrollo de autonomía energética por parte del carro se debió llegar a un consenso entre el tiempo de autonomía que se pretendía obtener, el peso de todo el sistema y el precio de éste, ya que el precio y el peso aumentaban en proporción directa al tiempo de autonomía adquirido por el carrito.

Recapitulando, cabe decir que este proyecto tiene numerosas vías futuras de ampliación. Para empezar una de las mejoras inmediatas es la colocación de los encapsulados de plástico, a los cuales se hace referencia en la memoria, y con los que no se ha podido contar por carencia de tiempo. Los encapsulados tanto de las antenas como de la parte inferior del carrito darían un toque más estético al mismo, además de proteger y ocultar todo el hardware.

Por otro lado, otra de las posibles ampliaciones sería colocar una pantalla táctil u ordenador de abordo en el carrito, en concreto se ha dejado listo el carro para incorporar el GRO CER, del cual ya se hace mención en el primer capítulo del proyecto, con el mismo se podría obtener información al instante sobre los productos y compra realizada.

A su vez, se contempla como futuro paso, la realización de pruebas con dos o más carritos funcionando simultáneamente, para comprobar las posibles interferencias entre lecturas que puedan producirse. O en esta misma línea de pruebas, realizar algún tipo de apantallamiento del carrito.

De cara a una ampliación futura, se podría realizar una aplicación conjunta con varios carritos, en la cual cada uno de ellos estuviese equipado con un sistema de transmisión inalámbrico, formando así una red inalámbrica, gracias a que cada carro contaría con su propia dirección IP, como si de un *host* más se tratase. De esta manera cada carro estaría conectado de forma inalámbrica al servidor del supermercado.

Como se puede ver la tecnología RFID en banda UHF abre un enorme abanico de posibles proyectos o aplicaciones a implementar con su utilización, entre ellas este proyecto, que sólo es una pequeña parte de todo lo que se podría realizar en el área de la logística, y más concretamente en las grandes superficies de supermercados o hipermercados.

Dentro de estas conclusiones finales cabe destacar la gran diferencia que existe entre el diseño teórico de una aplicación de RFID y su posterior implementación real, ya que en cualquier tipo de tecnología en la que se utilicen ondas electromagnéticas, la práctica real puede ser en algunos casos impredecible.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Finkenzeller, K. , *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*, John Wiley & Sons, Ltd. , (2003).
- [2] Dacuña, J. , Presentación del seminario “*Aplicaciones con RFID, Introducción a la tecnología RFID*” en el COETC, AIDA Centre RFID Solutions, BCN, (2006).
- [3] Villecroze, F. , *¿Inicio de una revolución tecnológica?*, Sciene Actualités, (2004), disponible en:
http://www.citesciences.fr/francais/ala_cite/science_actualites/sitesactu/question_actu.php?langue=es&id_article=2803&id_theme=10&prov=index
- [4] Enlaces consultados para recopilar información sobre “*Supermercado del futuro de Rheingberg*”:
<http://www-5.ibm.com/es/press/notas/2005/enero/supermercadofuturo.html>
http://www.elpais.es/articulo/elpcibtec/20030522elpcibtec_3/Tes
http://www.future-store.org/servlet/PB/s/1roc5hjb6sq9qadihr1hkyxbhe6avtv/menu/1007054_I2/1151688174347.html
- [5] Enlaces consultados para recopilar información sobre “*Shopping Navis Wagon*”:
<http://xataka.com/archivos/2006/01/25-el-ciber-carrito-entra-en-prue.php>
<http://www.laflecha.net/canales/blackhats/200601303/>
<http://www.elconfidencial.com/tecnologia/tecnologia.asp?id=353>
- [6] Enlaces consultados para recopilar información sobre “*Shopping Buddy*”:
<http://axxon.com.ar/not/150/c-1500070.htm>
<http://www.msnbc.msn.com/id/5462556/>
- [7] Enlaces consultados para recopilar información sobre “*GROCER*”:
<http://www.ihg.net/>

ANEXO A. HARDWARE Y MATERIAL DE LA APLICACIÓN

1. Carrito

Este es el elemento principal de la aplicación, un carrito de la compra convencional, con la característica principal que es totalmente de plástico. En él se equipa todo el equipo de RFID y el sistema de alimentación de éste. En la siguiente figura 1.1 se puede observar el carrito en si.



Fig. 1.1. Carrito de la compra

Tabla 1.1 Características principales del carrito.

Material	Plástico
Tipo de plástico	Poli carbonato
Color	Amarillo y verde
RAL	1023
Capacidad	90x60x50 cm
Largo	105 cm
Ancho	60 cm
Peso	18 Kg.

La capacidad del interior del carrito es aproximadamente de las siguientes medidas 90 cm. x 60 cm. x 50 cm. En las siguientes figuras se puede ver con mayor claridad las medidas del carrito.

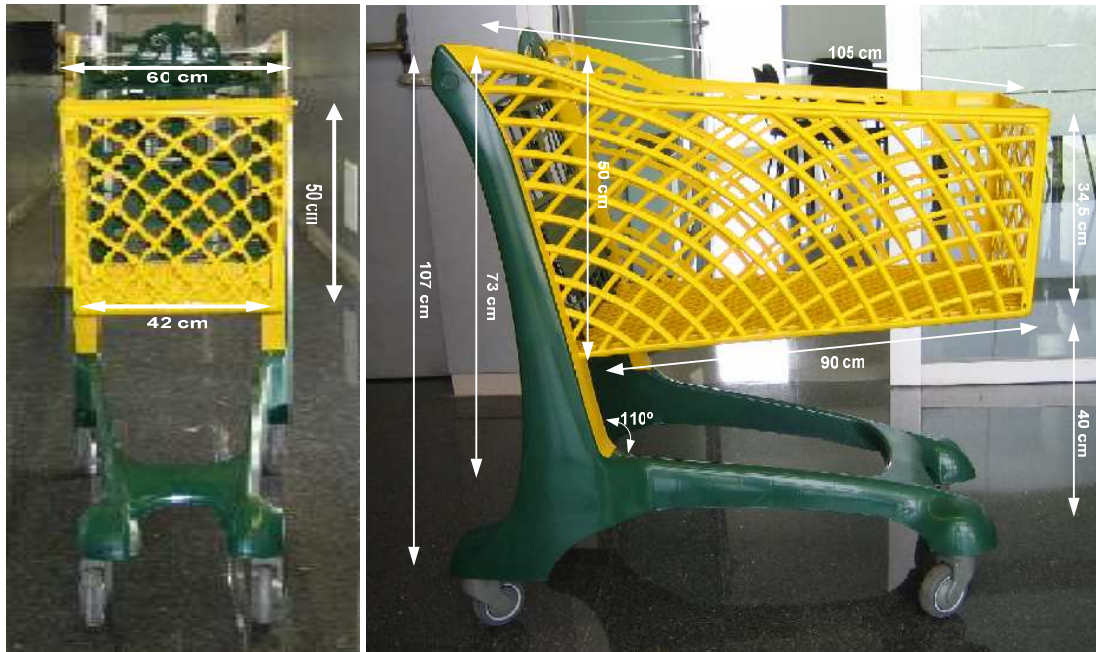


Fig. 1.2. Medidas del carrito visto desde el frontal y el lateral.

2. Lectores de RFID

Los lectores utilizados en este proyecto son dos lectores de diferentes fabricantes. En concreto los modelos *Samsys MP9320 2.8e* y *Symbol XR400*.

2.1. Samsys MP9320 2.8e

Lector de la casa *Samsys*, en concreto el modelo MP9320 v2.8e, la letra “e” que acompaña la v2.8 significa que es un modelo específico para trabajar en la banda Europea, como se puede ver en la tabla de características.

Una de las opciones de configuración que tiene es la de LBT (*Listen Before Talk*), en la cual el lector antes de interrogar a los posibles tags que se encuentran en su campo de iluminación, hace una escucha comprobando que el canal que se desea utilizar no está ya ocupado, si no esta ocupado puede transmitir durante un tiempo limitado; pasado este tiempo máximo, ha de buscar otro canal, o esperar un tiempo mínimo para volver a utilizar el mismo.

También tiene la opción de realizar un *frequency hopping* (salto en frecuencia) entre las diferentes portadoras que posee su banda de trabajo.

En la siguiente figura se puede observar este lector.



Fig. 2.1. Lector Samsys MP9320 v2.8e

Tabla 2.1 Principales especificaciones técnicas del Lector Samsys MP9320 v2.8e

Rango de frecuencias	(MP9320 v2.8e-1): 869.525 MHz (ETSI EN300 220) (MP9320 v2.8e-2): 865.868 MHz (ETSI EN302 208)
Potencia máxima de RF y puertos de RF	2W y 4 puertos Tx/Rx
Consumo eléctrico	15 VDC @ 3 A
Fuente de alimentación	110 - 220 VAC entrada
Puertos de comunicaciones	RS-232, RS-485, 10/100Mbps Ethernet
In/Out digitales	4 entradas digitales, 4 salidas digitales
Material del encapsulado	Aluminio
Dimensiones	127mm. x 178mm. x 241mm.
Peso	1,8 Kg.
Rango de temperaturas de funcionamiento	-20°C a 70°C
Rango de humedad de funcionamiento	5-95% relativa, sin condensación
Temperatura de almacenamiento	-40°C a 85°C
Area Reguladora	ETSI EN300 220, EN300 208, EN301 489, EN50364, EN60950
Multiprotocolo	EPC gen 2 -- ISO 18000-6A,6B -- UCode 1.19 -- Class 1 -- Class 0, 0+

2.2. Symbol XR400

El lector de la casa Symbol, modelo XR400, es uno de los mejores lectores de RFID del mercado y puede operar tanto en banda europea como americana. Este lector da la posibilidad de poder configurar todas sus opciones por vía web, es decir, desde el navegador, tan solo tecleando su dirección IP en éste.

Tiene la capacidad de podersele instalar diversos software, entre ellos el sistema operativo Win® CE (Version 4.2.0). Además cuenta con una memoria Flash 64 MB y DRAM 64 MB.

En la siguiente figura se observa este lector, así como una de las peculiaridades del diseño de su carcasa, como es la forma de ésta en disipador de calor para altas temperaturas.



Fig. 2.2. Lector Symbol XR400

Tabla 2.2 Principales especificaciones técnicas del Lector Symbol XR400.

Rango de frecuencias	<i>Banda UHF: (869.5 - 865.8 MHz en Europa) (902-928 MHz en EE.UU.)</i>
Potencia máxima de RF y puertos de RF	<i>4W y 4 puertos de Tx y 4 puertos Rx</i>
Consumo electrico	<i>24 VDC @ 1,2 A</i>
Fuente de alimentación	<i>110 - 220 VAC entrada</i>
Puertos de comunicaciones	<i>RS-232, USB, 10/100Mbps Ethernet</i>
In/Out digitales	<i>Control I/O Port (12) - DB15 USB Host Hardware - USB RS232 Serial Console - DB9</i>

Material del encapsulado	<i>Aluminio</i>
Dimensiones	<i>22 cm x 30 cm x 5 cm</i>
Peso	<i>2,2 Kg.</i>
Rango de temperaturas de funcionamiento	<i>-20°C a 50°C</i>
Rango de humedad de funcionamiento	<i>5-95% relativa, sin condensación</i>
Temperatura de almacenamiento	<i>-40°C a 70°C</i>
Area Reguladora	<i>FCC Part 15C, IC RSS210</i>
Multiprotocolo	<i>EPC gen 2 -- Class 1 (lectura y escritura) -- Class 0 (solo lectura)</i>

3. Antenas de RFID

Los antenas utilizadas en este proyecto son tres antenas de diferentes fabricantes, dos de ellas pertenecen a la casa Matrics (recientemente adquirida por Symbol) y la casa Samsys. En concreto los modelos *Poynting A0003-02* de Samsys, y *Dual Direccional Panel Antena Array e High-Performance Area Antenna* de Matrics.

3.1. Poynting A003-02

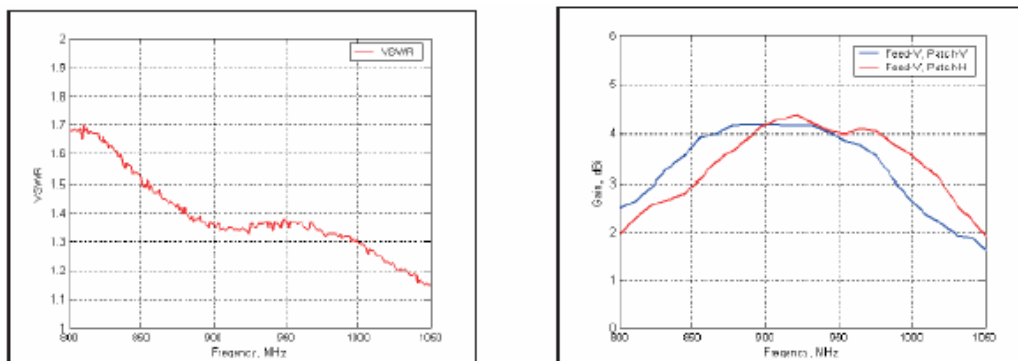
Es una antena de la casa Samsys, y se muestra en la siguiente figura.



Fig. 3.1. Antena Poynting A0003-02

Tabla 3.1. Características principales de la antena *Poynting A0003-02*.

Ganancia	6 dBi
Frecuencia entrada	860-930MHz
VSWR	Típica menor que 1,5:1
Axial Ratio	Menor a 1dB
Potencia máxima	10W
Polarización	Circular
Dimensiones	245mm x 235mm x 40mm
Peso	470g.

**Fig. 3.2.** VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) y ganancia de la antena Poynting A0003-02

3.2. Dual Direccional Panel Antena Array “Matrics pequeña”

Antena de la casa Matrics, que recientemente ha sido adquirida por la empresa Symbol, por este motivo algunas antenas incorporan el logo de Matrics y otras el logo de Symbol, aun así son la misma antena. Debido a su largo nombre en este proyecto será llamada con el apodo de antena “Matrics pequeña” cuando se haga referencia a ésta.

**Fig. 3.3.** Antena *Dual Direccional Panel Antena Array* o “Matrics pequeña”.

Tabla 3.2. Características principales de la antena *Dual Direccional Panel Antena Array*.

Ganancia	5,25 dBi
Frecuencia entrada	866-928MHz
VSWR	Típica menor que 1,5:1
Axial Ratio	Menor a 1dB
Potencia máxima	5W
Ancho de az a 3dB	70º
Polarización	Circular
Material encapsulado	plástico UL 94 V0
Dimensiones	224 mm x 206 mm x 41 mm
Peso	540g.

3.3. High-Performance Area Antenna “Matrics grande”

Antena de la casa Matrics, que como se menciona en el apartado anterior, recientemente ha sido adquirida por la empresa Symbol, por este motivo algunas antenas incorporan el logo de Matrics y otras el logo de Symbol, aun así son la misma antena. Debido a su largo nombre en este proyecto será llamada con el apodo de antena “Matrics grande” cuando se haga referencia a ésta.

Una de las peculiaridades de esta antena, es que en el interior contiene 2 antenas, muy parecidas a las antenas *Dual Direccional Panel Antena Array*.



Fig. 3.3. En la imagen de la izq. La antena *High-Performance Area Antenna* o “Matrics grande” y en la imagen de la der. el interior de esta.

Tabla 3.2. Características principales de la antena *High-Performance Area Antenna*.

Ganancia	6 dBi
Frecuencia entrada	866-928MHz
VSWR	1,25
Axial Ratio	Menor a 1dB
Potencia máxima	5W
Ancho de az a 3dB	60°
Polarización	Circular
Material encapsulado	Aluminio y poli carbonato
Dimensiones	717 mm x 317 mm x 3.8 mm
Peso	3,6Kg

4. Componentes del sistema de alimentación

Los componentes principales del sistema de alimentación son los tres componentes siguientes:

4.1. SAI PULS Dimension UB10.241

Tabla 4.1 Características principales del SAI *PULS Dimension UB10.241*

CARACTERISTICAS SAI PULS DIMENSION UB10.241	
SAI -DC	24V, 10A
Rango de tensión	22,5 - 30 Vdc
Voltaje de salida	22,4 ± 2%
Corriente de salida	de 0 a 15 A
Tiempo de carga	0,12A (típica) -- 1,1A (máxima)
Corriente de carga típica	1,5A con una batería de 12V
Tiempo de carga	5 horas con una batería de 12V,7Ah
Dimensiones	49mm. x 124mm. x 117mm.
Peso	530 g.
Rango de temperaturas de funcionamiento	-25°C a +60°C
Perdidas de potencia	2,7W en modo standby -- 4,6W en modo normal, 10A



Fig. 4.1. SAI *PULS Dimension UB10.241*

4.2. Batería Yuasa NP7-12

La batería utilizada será la batería de la casa Yuasa, en concreto el modelo NP7-12.

Tabla 4.2 Características principales de la batería *Yuasa NP7-12*

CARACTERISTICAS DE LA BATERIA YUASA NP7-12	
Voltaje	12 V
Capacidad nominal	7 Ah
Tipo de batería	Recargable y sellada
Composición	Plomo-ácido
Dimensiones	127mm. x 178mm. x 241mm.
Peso	2,65 Kg.
Rango de temperaturas de funcionamiento	-15°C a +50°C (tanto en carga como descarga)
Area Reguladora	UL1778



Fig. 4.2. Batería *Yuasa NP7-12*

4.3. Fuente de alimentación Deutronic E-TOP120-24

La fuente de alimentación escogida es una fuente de la casa *Deutronic*, en concreto el modelo *E- TOP120-24*.

Tabla 4.3 Características principales del la fuente *Deutronic*, modelo *E- TOP120-24*.

CARACTERISTICAS FUENTE DEUTRONIC E-TOP120-24	
Rango Voltaje de entrada	110 -230 Vac
Frecuencia de operación	47 - 63 Hz
Tipo de entrada	monofásica seleccionable
Aislamiento de entrada-salida	3 KV
Voltaje de salida	24 V
Corriente de salida	5A
Potencia de salida	120 W
Ajuste de tensión a la salida	±15%
Rendimiento	>88%
Dimensiones	63,4mm. x 124mm. x 126,4mm.
Peso	640 g.
Rango de temperaturas de funcionamiento	-10°C a +50°C
Temperatura de almacenamiento	-25°C a 85°C



Fig. 4.3. Fuentes *Deutronic*, modelo *E- TOP120-24*.

5. Cableado

En este proyecto se utilizan básicamente dos tipos de cableado, el de RF y el de Red.

5.1. Cables de RF

Los cables utilizados dependerán del lector utilizado, ya que cada lector utiliza un tipo puerto de RF distinto y por tanto un tipo de conector diferente. Los cables utilizados al igual que los conectores son de la casa *Amphenol RF*. Durante las pruebas se utilizan cables de aproximadamente 6 metros de largo, pero para la finalización de esta aplicación, se utilizarán cables hechos a medida con distancias comprendidas entre los 15 y 50 cm.



Fig. 4.2. Izquierda, conector para puerto del lector Symbol XR400. Derecha, cable completo para Symbol XR400 y antena Matrics.

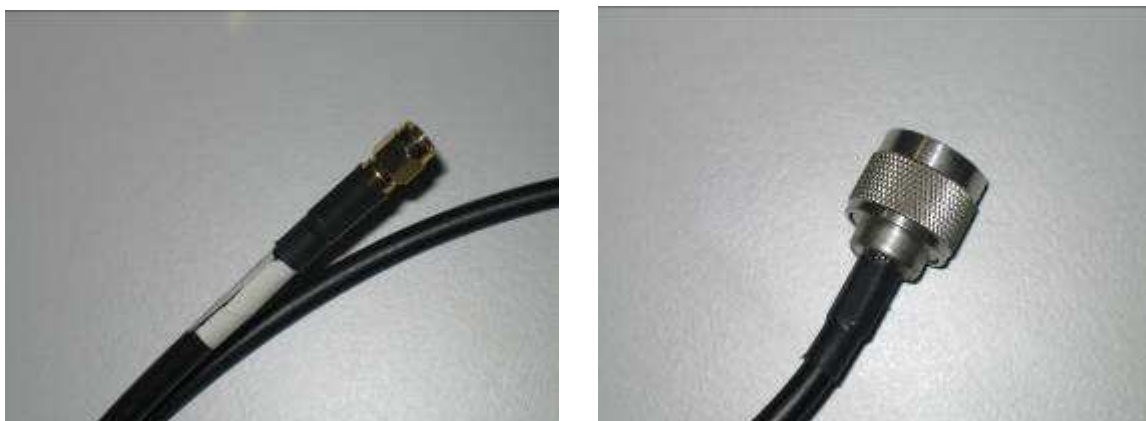


Fig. 4.3. Izquierda, conector para puertos del lector Samsys MP9320. Derecha, conector para antenas Poynting A000-03.

Ambos conectores son los extremos de un mismo cable de RF, son conectores de bajas pérdidas introduciendo una atenuación inferior a los 0,5 dB.

5.2. Cables de Red

Los cables de red son cables corrientes de puerto Ethernet con conectores RJ-45.



Fig. 4.4. Cable de red con conectores RJ-45.

6. Tags

En este proyecto se utilizan dos tipos diferentes de tags, principalmente tags de la casa *Avery Dennison* y un par de tags de la casa *Rafsec*.

6.1. Avery Dennison

El tag de *Avery Dennison* es el modelo AD-612, se pueden apreciar sus principales características en la siguiente tabla.

Tabla 6.1. Características tag AD-612.

CARACTERÍSTICAS AD-612	
Área Reguladora	<i>ETSI</i>
Protocolo	<i>EPC Class 1 Gen 2</i>
Memoria	<i>96 bits EPC R/W</i>
Frecuencias	<i>865 -928 MHz</i>
Dimensiones antena	<i>140 mm. x 25 mm.</i>
Rango de temperatura de funcionamiento	<i>-40°C a +65°C</i>
Rango de temperatura de almacenamiento	<i>-40°C a +85°C</i>
Humedad recomendada	<i>40% a 80% relativa</i>

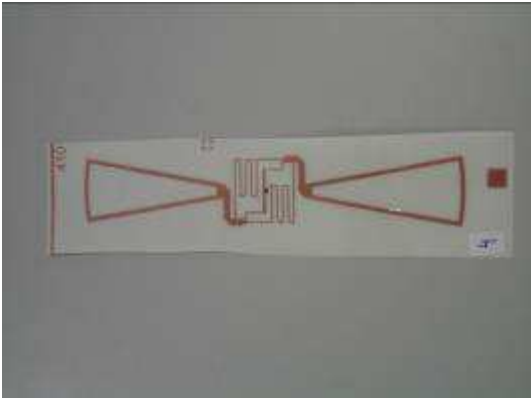


Fig. 6.1. Tag de Avery Dennison modelo AD-612

6.2. Rafsec

En este proyecto se han utilizado puntualmente este tag de la casa Rafsec.

Tabla 6.1. Características tag AD-612.

CARACTERÍSTICAS RAFSEC	
Área Reguladora	ETSI
Protocolo	EPC Class 1 Gen 2
Memoria	96 bits EPC R/W
Frecuencias	860 -960 MHz
Dimensiones antena	11 mm. x 93 mm.
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C a +70°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-40°C a +80°C
Humedad recomendad	40% a 80% relativa



Fig. 6.1. Tag de Rafsec

7. Encapsulados

Los encapsulados son aquellos componentes, ya sean cajas o carcasas que guardan y protegen el hardware y material. En algunos casos ocultarán todo el conjunto del equipo y harán esta aplicación más estética, provocando así menos impacto visual a los futuros usuarios. Durante este apartado se explica que encapsulado se utiliza para cada uno de los componentes.

7.1. Batería

El encapsulado de la Batería será una caja metálica, concretamente el modelo SOLBOX de la casa Retex, hecha de chapa acero y con unas dimensiones de (250mm. x 160mm. x 100mm.) La caja incorpora unas rejillas que ayudarán a que la temperatura de la caja no aumente demasiado cuando la batería este en funcionamiento. Es una caja sólida y resistente tanto a golpes como a temperaturas. Con ellas se protege el elemento más peligroso de nuestra aplicación, ya que hay que recordar que el electrolítico de nuestra batería es ácido sulfúrico, un ácido altamente nocivo.



Fig. 7.1. Caja de chapa de acero SOLBOX de la casa Retex.

7.2. SAI

La caja escogida para el SAI es simplemente una caja de sus medidas, compuesta por un material resistente y que puede ofrecerle protección. A su vez es una caja de fácil de perforación de agujeros, para de esta manera poder pasar el cableado que lo une con la fuente, batería y lector de RFID. El modelo en concreto es el CA70NP, con las medidas (156mm. x 152 mm. x 69mm.).



Fig. 7.2. Caja de plástico modelo CA70 NP.

7.3. Fuente de alimentación

Debido a las características de la fuente de alimentación como pueden ser los niveles de voltaje que tiene a su entrada o las temperaturas que se pueden conseguir en pleno funcionamiento, se opta por utilizar una caja de metal como encapsulado, y la elegida por sus características y su precio poco elevado es la utilizada en el caso del SAI, la caja de chapa de acero SOLBOX de la casa *Retex*.

7.4. Antenas

El encapsulado de la antena será una carcasa de material plástico de color amarillo, para que proteja la antena Poynting A0003-02 modificada y la vez le de una connotación estética a la antena, ya que el impacto visual que podría suponer la antena colocada sin más en el carro podría ser estéticamente poco bonita.

El diseño 3D del encapsulado será hecho mediante los programas AutoCAD y eDrawings, y se le pasará a la empresa Dissenys Plàstics S.A., para que fabriquen el encapsulado de poli carbonato, un tipo de material que actúa de una manera prácticamente transparente delante de las señales de RF. Dicho diseño se basará de una base y tapa, con sus correspondientes perforaciones y anclajes, para poder colocar la antena en el interior. Se puede observar en la siguiente figura.

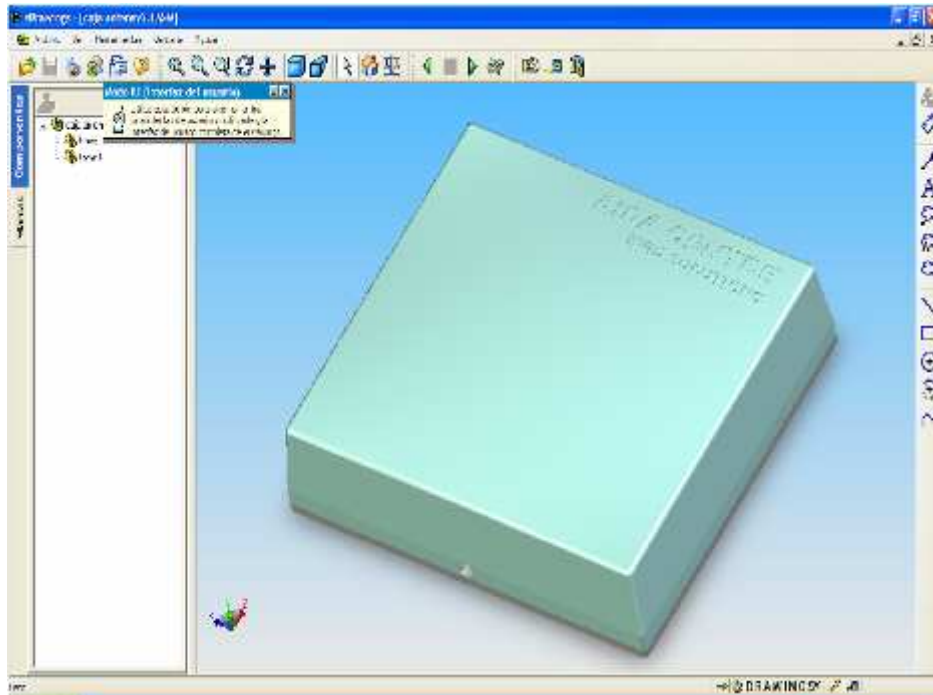


Fig. 7.2. Diseño 3D del encapsulado de la antena.

7.5. Bajos del carrito

El encapsulado de los bajos del carrito consistirá en una tapa que cubra todo el equipo colocado y anclado en la parte inferior del carrito, y que tan solo tenga contacto con el exterior mediante los correspondientes conectores o salidas de cables de RF para las antenas.

La idea del diseño es la misma que la de los encapsulados de las antenas, al igual que el material (policarbonato) y el color (amarillo). Aunque por motivos de falta disponibilidad de la empresa fabricante de los encapsulados, Dissenys Plàstics S.A., ni el diseño ni el encapsulado serán posibles para este proyecto.

ANEXO B. PROCESO COMPLETO DE LAS PRUEBAS

1. Preparación previa a las pruebas

Antes de realizar las pruebas es necesaria una preparación previa. Dentro de esta preparación se encuentra las siguientes fases:

- Asignación de ID's para los nuevos tags.
- Comprobación de funcionamiento de cada tag.
- Colocación de los tags en cada producto y proceso de encapsulación de los tags que lo requieran.
- Realización de las 3 distribuciones de productos en el interior del carrito.

Ahora pasaremos a explicar las diferentes fases del previo a las pruebas.

1.1. Proceso completo de asignación de ID's

Como ya comentamos en apartado 3.1.1 *Asignación de ID's* del TFC, los tags nuevos y recién fabricados vienen en un formato en el cual no pueden ser utilizados directamente, esto es debido a que el fabricante los entrega en un rollo de decenas o centenas de etiquetas, además de llevar asignados todas las etiquetas una misma ID de serie, la cual elige el fabricante. Por lo tanto el primer paso que deberemos seguir será separar cada uno de los tags mediante una guillotina o tijeras y pasar a asignar las ID según nos convenga.

Una vez separadas las etiquetas deberemos asignar las ID's, este proceso variará dependiendo del lector RFID que utilicemos. En nuestro caso que realizaremos pruebas con dos lectores diferentes, Samsys MP9320 y Symbol XR400, ahora explicaremos detalladamente el proceso que hemos seguido para asignar las ID's correspondientes a nuestros tags con estos dos lectores.

1.1.1. Lector Samsys MP9320

Este lector incorpora un software de instalación para el PC que lo desee controlar llamado *Samsys RF Command Suite 1.0*, mediante el podemos enviar todo tipo de instrucciones al lector, y entre muchas otras la de escritura y lectura del tag. En la siguiente imagen podemos ver la pantalla de este software.

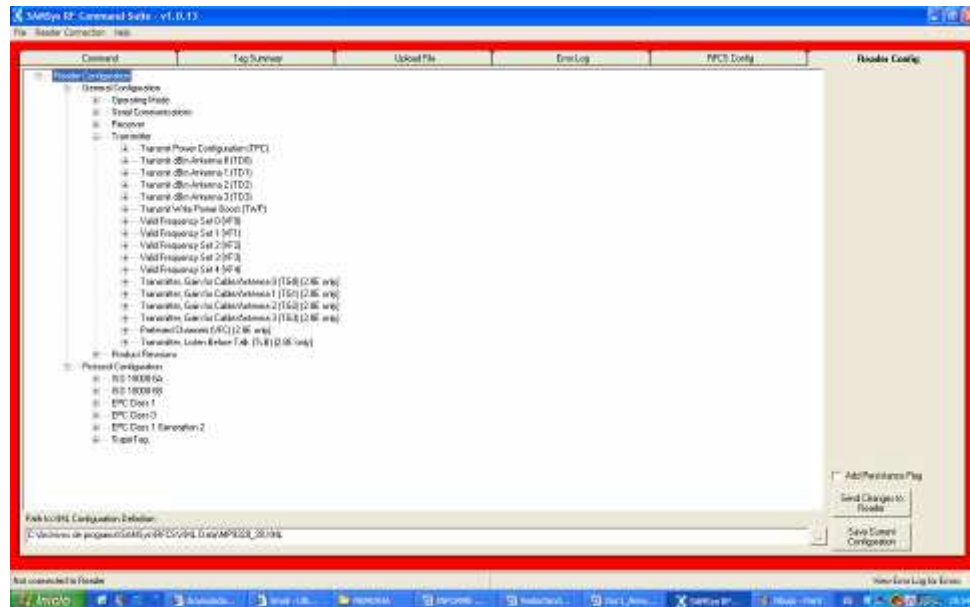


Fig. 1.1. Imagen de la pantalla *Reader Config*.

Esta es la pantalla que aparece al hacer click en la opción de *Reader Config*, desde la cual podemos modificar todo tipo de parámetros para trabajar con el lector.

Para poder asignar nuevas ID's a nuestros tags una vez los tenemos separados deberemos seguir estos pasos:

- a. Desde la opción de *Comand*, ejecutamos el comando *Auto Read*, con este comando podremos leer todos los tags que se encuentre dentro del campo de cobertura de nuestra antena.

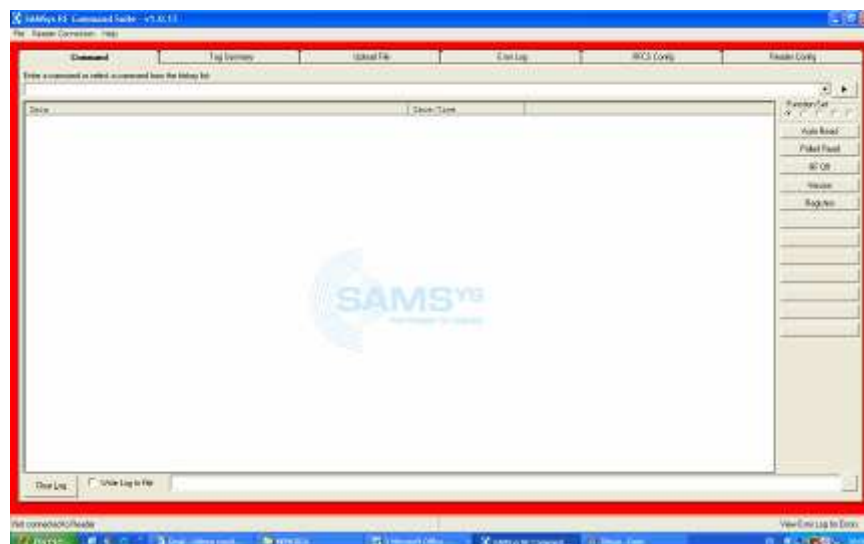


Fig. 1.2. Imagen de la pantalla *Command*.

- b. Ponemos de uno en uno los tags dentro del campo de cobertura de la antena RFID, es decir, que solo detectemos un tag, de lo contrario no podríamos asignar a un tag en concreto una ID nueva y única. Se pueden ver los tags que detecta en cada momento el lector mediante la pantalla *Tag Summary*.

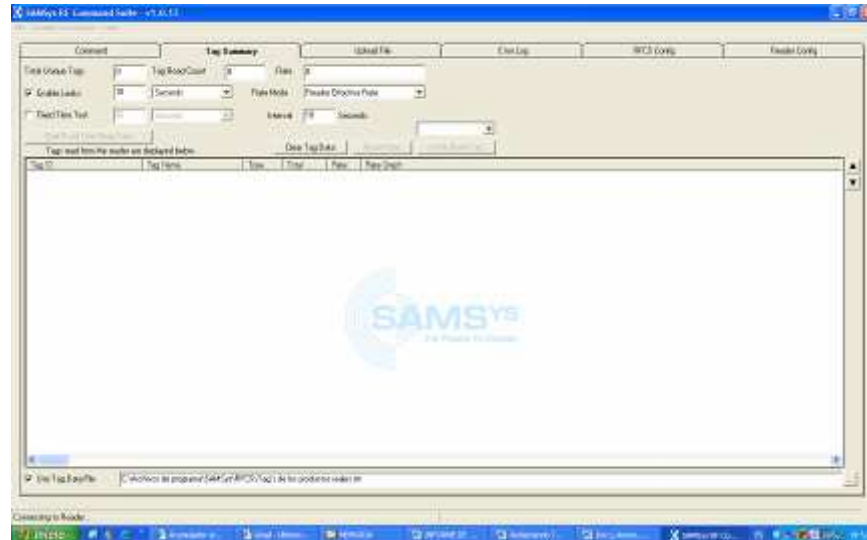


Fig. 1.3. Imagen de la pantalla *Tag Summary*.

- c. Una vez nos hemos asegurado que solo detectamos el tag que queremos asignarle la nueva ID, introduciremos el comando que escribirá la nueva ID del tag sobre la antigua ID de este mismo tag. La instrucción que debemos introducir ha de tener la siguiente estructura:

}Wv,b:nueva ID!

Para comprobar que el resultado de esta operación ha finalizado con éxito desde la pantalla Comand nos tiene que devolver unos comandos para cada uno de nuestros tags con sus correspondientes nuevas ID's, este comando no es más que la lectura del tag con su nueva ID acompañado en la fila anterior por otra instrucción, por ejemplo:

**{A;F7
{Rd,d:nueva ID,t:EPC1G2,n:0,r:02;02**

A continuación mostraremos todo el proceso de comandos introducidos y devueltos para la asignación de nuestras nuevas ID's, todo esto como ya hemos dicho desde la pantalla Comand:

```
}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050001!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050001,t:EPC1G2,n:0,r:02;02
```

```
}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050002!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050002,t:EPC1G2,n:0,r:1a;33
```

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050003!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050003,t:EPC1G2,n:0,r:0e;37

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050004!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050004,t:EPC1G2,n:0,r:02;05

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050005!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050005,t:EPC1G2,n:0,r:02;06

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050006!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050006,t:EPC1G2,n:0,r:02;07

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050007!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050007,t:EPC1G2,n:0,r:0b;38

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050008!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050008,t:EPC1G2,n:0,r:0b;38

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050009!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050009,t:EPC1G2,n:0,r:05;0D

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050011!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050011,t:EPC1G2,n:0,r:02;03

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050012!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050012,t:EPC1G2,n:0,r:1a;34

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050013!
{ A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050013,t:EPC1G2,n:0,r:04;07

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050016!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050016,t:EPC1G2,n:0,r:0a;37

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050017!
{ A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050017,t:EPC1G2,n:0,r:09;10

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050018!
{A;F7
{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050018,t:EPC1G2,n:0,r:0f;3E

}Wv,b:300833B2EF10A4CF8E050019!
{A;F7

{Rd,d:300833B2EF10A4CF8E050019,t:EPC1G2,n:0,r:13;0D

Podemos observar que hemos asignado nuevas ID's para 16 tags, siguiendo un orden desde el 1 al 19. No ha sido un orden ascendente del 1 al 16, porque los tags que teníamos asignados para que fueran los número 10, 14 y 15, han fallado. Este mensaje de error al igual que todos los que puedan producirse se representan mediante la pantalla *Error Log*, que podemos ver en la siguiente figura:

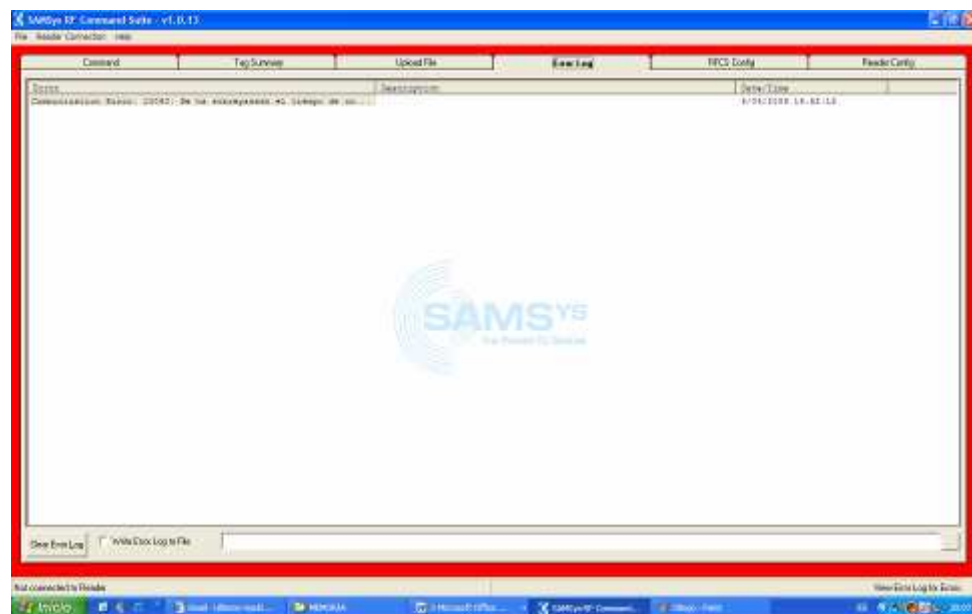


Fig. 1.4. Imagen de la pantalla *Error Log*.

En nuestro caso los fallos de los tags 10, 14 y 15 son representados de la misma forma para los 3 casos con la siguiente instrucción:

{A,e:36;2B No Tag in field (Rd, Rt, Wa, Wt comands)-

- d. Por ultimo solo tendremos que representar en una tabla que ID corresponde a cada tag, y que producto tiene asociado para las pruebas correspondientes con este lector. En la siguiente tabla podemos observar dicha representación.

Tabla 1.1. Relación entre tag, nueva ID y producto para pruebas con lector Samsys MP9230.

Nº de TAG	ID del TAG	PRODUCTO
1	300833B2EF10A4CF8E000001	<i>Galletas Clásicas</i>
2	300833B2EF10A4CF8E000002	<i>Macarrones</i>
3	300833B2EF10A4CF8E000003	<i>Aceite de Girasol</i>
4	300833B2EF10A4CF8E000004	<i>Lejía</i>
5	300833B2EF10A4CF8E000005	<i>Insecticida</i>
6	300833B2EF10A4CF8E000006	<i>Soluble de Cacao</i>
7	300833B2EF10A4CF8E000007	<i>Lavavajillas Coral</i>
8	300833B2EF10A4CF8E000008	<i>Suavizante</i>
9	300833B2EF10A4CF8E000009	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
10	300833B2EF10A4CF8E000010	<i>Cereales Corn Flakes</i>
11	300833B2EF10A4CF8E000011	<i>Tetabrik de Leche</i>
12	300833B2EF10A4CF8E000012	<i>Lata de Tomate frito</i>
13	300833B2EF10A4CF8E000013	<i>Agua de Colonia</i>
15	300833B2EF10A4CF8E000015	<i>Papel de cocina</i>
16	300833B2EF10A4CF8E000016	<i>Garrafa de agua</i>
17	300833B2EF10A4CF8E000017	<i>Detergente Lavadora</i>
18	300833B2EF10A4CF8E000018	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
19	300833B2EF10A4CF8E000019	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>

1.1.2. Lector Symbol XR400

Para poder controlar este lector podemos realizarlo de dos maneras diferentes:

1. Vía Web



Fig. 1.5. Imagen de la pantalla principal en modo web.

2. Mediante un pequeño software, *Matrics Tag Tracker 4.1.0*



Fig. 1.6. Imagen de la pantalla principal *Matrics Tag Tracker 4.1.0*.

Si no disponemos de este pequeño software y queremos controlar el lector, no tenemos otro remedio que hacerlo vía explorador de Internet como si de un *router* se tratase, es decir, debemos estar físicamente conectados al lector por un cable RJ-45, y acceder al lector por el navegador mediante su dirección IP.

Una vez conectásemos deberíamos introducir un *login* y *password* para poder entrar en la pantalla principal, desde la cual podríamos acceder a diferentes opciones de configuración del lector, o ordenar al lector que haga algún tipo de acción en concreto como sería el caso de asignar nuevas ID's a los tags.

Pero nuestro caso no ha sido el este ya que poseemos el software mencionado, *Matrics Tag Tracker 4.1.0*, mediante el cual controlaremos la mayor parte de acciones y configuraciones del lector (algunas acciones son inevitables tener que realizarlas vía Web).

Una vez sabemos lo rodea al lector Symbol XR400 vamos a explicar detalladamente el proceso de asignación de las nuevas ID's con este lector.

- a. Para empezar deberemos configurar el lector, para que opere mediante el protocolo Gen 2, además de indicarle en que puerto se encuentra la antena que vamos a utilizar. Para realizar estas dos operaciones deberemos estar en modo *Disconnect* (desconectado), ya que si no el programa no permite acceder a los paneles requeridos. En la siguiente figura podemos verlo.



Fig. 1.7. Imagen de la pantalla en modo *Disconnect*.

Para elegir el protocolo con el cual queremos que trabaje el lector debemos acceder a la opción *File → Advanced Reader Options*. Una vez aquí ponemos activa la casilla del protocolo con el cuál queremos trabajar (podemos trabajar con varios protocolos a la vez) y hacemos click en el botón *Set All*. Lo vemos en la siguiente figura.

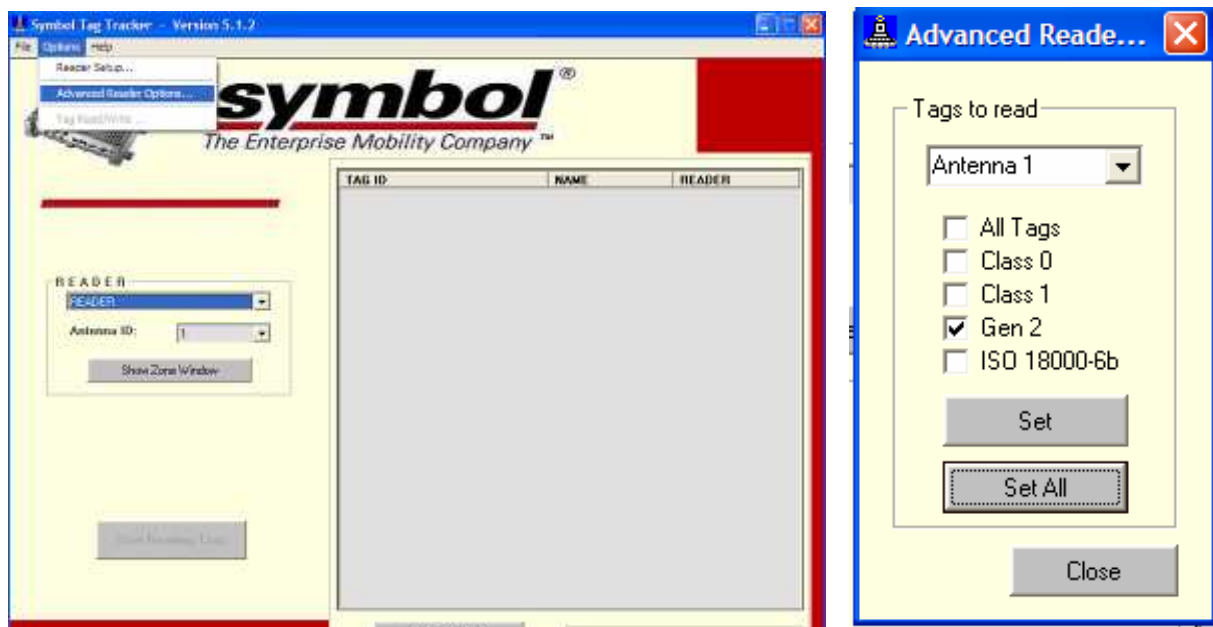


Fig. 1.8. Imágenes de las pantallas para seleccionar protocolo.

Para indicar el puerto en el cual tenemos nuestra antena debemos acceder a la opción *File → Reader Setup*. Una vez aquí seleccionamos en *Reader Name* nuestro lector, después escribiremos

su dirección IP en la casilla indicada por *TCP/IP Addr.* y finalmente ponemos activa la casilla del puerto con el cuál queremos trabajar (podemos trabajar con varios puertos a la vez) y hacemos click en el botón *Close*. Lo vemos en la siguiente figura.

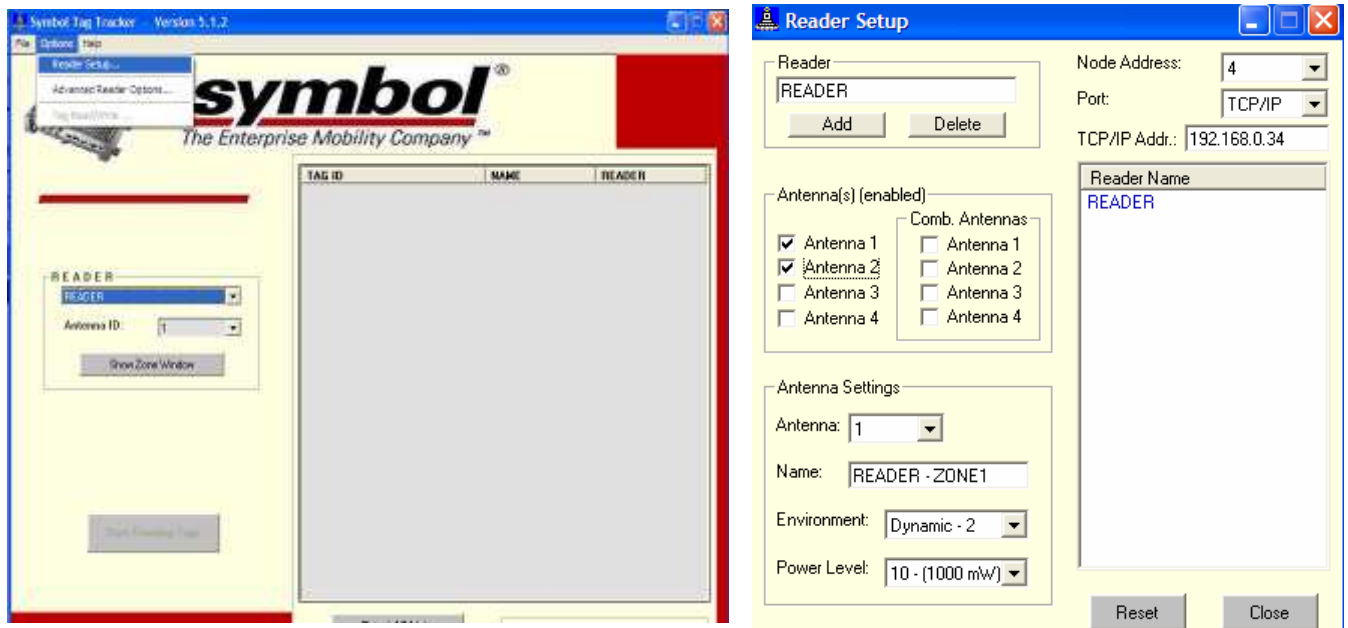


Fig. 1.9. Imágenes de las pantallas para indicar puertos utilizados.

- b. Una vez preparado el lector procederemos a asignar las nuevas ID's, y para ello deberemos estar en modo *Connect* (conectado). Lo vemos en la siguiente figura.



Fig. 1.10. Imagen de la pantalla en modo *Connect*.

- e. Ahora ponemos de uno en uno los tags dentro del campo de cobertura de la antena RFID, es decir, que solo detectemos un tag, de lo contrario no podríamos asignar a un tag en concreto una ID nueva y única. Se pueden ver los tags que detecta en cada momento el lector

mediante la pantalla principal al pulsar el botón *Start Reading Tags*. En el caso de que utilicemos varias antenas, puedes seleccionar lo que ves por cada una de las antenas pulsando la opción de *Show Zone Window*, e indicando a zona (puerto) a la que pertenece la antena.

- f. Seleccionamos unos de los tags y nos vamos a *Options*→*Tag Read/Write*. Una vez aquí dentro activamos las opción *Write Tag ID*, y sustituimos la antigua ID por la ID nueva, finalizamos pulsando *Close*. En la siguiente figura podemos verlo con más claridad.

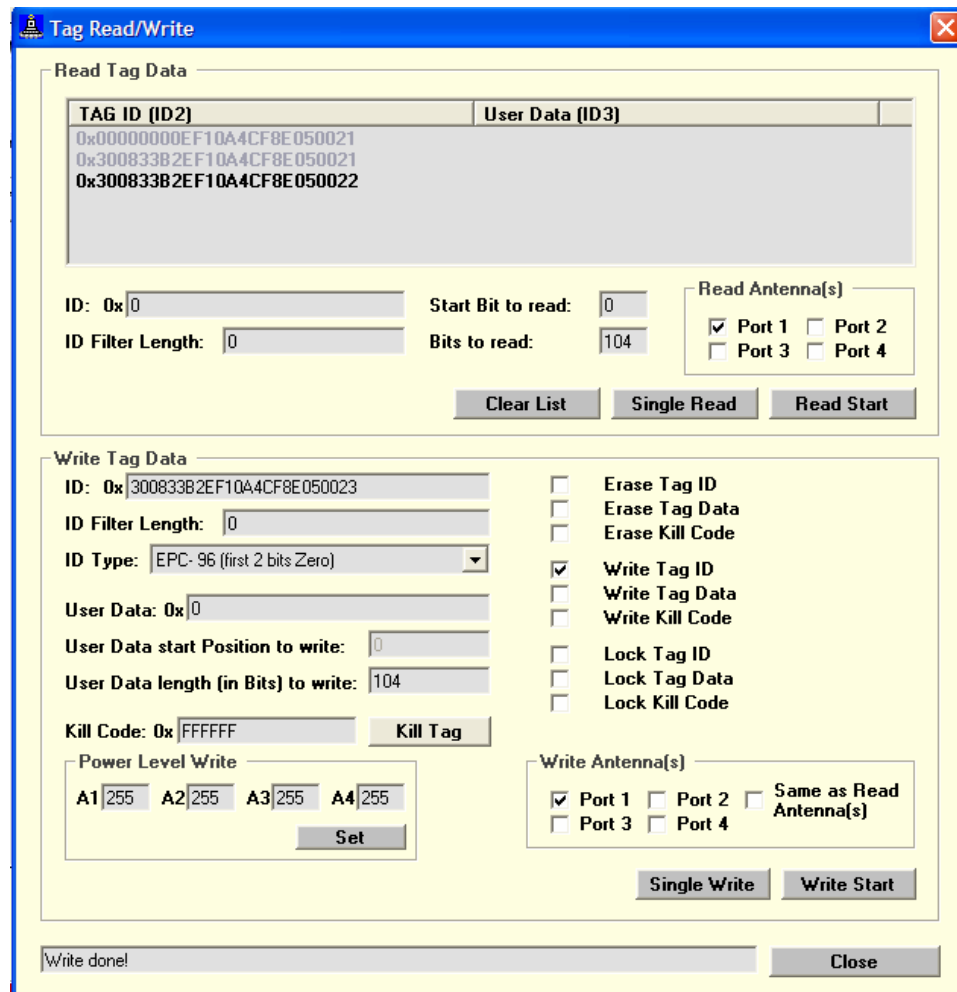


Fig. 1.11. Imagen de la pantalla *Tag Read/Write*.

- g. Una vez hemos repetido este proceso tantas veces como nuevas ID's queramos asignar, veremos la tabla final resultante, que nos mostrara la relación entre tag, ID y producto, correspondientes para las pruebas con el lector Symbol XR400.

Tabla 1.2. Relación entre tag, nueva ID y producto para pruebas con lector Symbol XR400.

Nº de TAG	ID del TAG	PRODUCTO
1	300833B2EF10A4CF8E050001	<i>Galletas Clásicas</i>
3	300833B2EF10A4CF8E050003	<i>Macarrones</i>
12	300833B2EF10A4CF8E050012	<i>Aceite de Girasol</i>
13	300833B2EF10A4CF8E050013	<i>Lejía</i>
16	300833B2EF10A4CF8E050016	<i>Insecticida</i>
17	300833B2EF10A4CF8E050017	<i>Soluble de Cacao</i>
18	300833B2EF10A4CF8E050018	<i>Lavavajillas Coral</i>
19	300833B2EF10A4CF8E050019	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>
21	300833B2EF10A4CF8E050021	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
22	300833B2EF10A4CF8E050022	<i>Cereales Corn Flakes</i>
23	300833B2EF10A4CF8E050023	<i>Tetabrik de Leche</i>
24	300833B2EF10A4CF8E050024	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
25	300833B2EF10A4CF8E050025	<i>Agua de Colonia</i>
26	300833B2EF10A4CF8E050026	<i>Papel de cocina</i>
27	300833B2EF10A4CF8E050027	<i>Garrafa de agua</i>
28	300833B2EF10A4CF8E050028	<i>Detergente Lavadora</i>
29	300833B2EF10A4CF8E050029	<i>Lata de Tomate frito</i>
30	300833B2EF10A4CF8E050030	<i>Suavizante</i>

1.1.3. Comparación de procesos

Como hemos comentado con anterioridad cada lector de RFID tiene un proceso y manera distinta de asignar ID's. Podemos comprobar que los dos procesos de asignación descritos están contemplados para una cantidad reducida de tags, en el caso de la asignación de tags a gran escala estos procesos serían inviables. Aunque cabe decir que con los fundamentos de estos procesos y la ayuda de un pequeño software programado por nosotros mismos podríamos facilitar y agilizar la asignación de ID's a escala masiva.

Entre estos dos procesos descritos podemos encontrar una clara diferencia, y es que la asignación con el lector Samsys requiere que se le introduzcan los comandos a realizar, mientras que con el lector Symbol tiene un menú que lo hace de una manera más automática. Este hecho provoca que con el lector Samsys el proceso se vuelva mucho más lento en comparación con el lector Symbol.

1.2. Comprobación del funcionamiento de cada tag

Una vez hemos asignadas ID's distintas a cada tag, queremos comprobar y verificar que los tags funcionan perfectamente y pueden ser detectados tanto a corta distancia como a una distancia de varios metros fijada previamente. Los tags que no sean detectados a esta distancia fijada (2,5 m.) serán descartados y clasificados como tags estropeados o no útiles. Esta verificación de su correcto funcionamiento y lectura a esta distancia en concreto la realizamos ya que posteriormente los tags serán colocados en productos, los cuales estarán fabricados de distintos materiales que influirán de diferente manera sobre nuestra etiqueta y que podrán dificultar su lectura y detección. Por citar algún ejemplo los productos que contengan metal o líquidos en principio deberían dificultar su lectura, por ese motivo se toma una distancia de lectura superior de la que finalmente se deberá realizar como margen de una posible situación de detección adversa.

Entonces establecemos la distancia de lectura del tag a 2'5 m. y la distancia de detección del tag adherido a cualquier producto en 90 cm. que es la distancia que tiene el carrito de punta a punta y por tanto la mayor distancia a la que una antena deberá detectar un tag.

En la siguiente figura podemos observar un dibujo esquemático de lo explicado anteriormente.

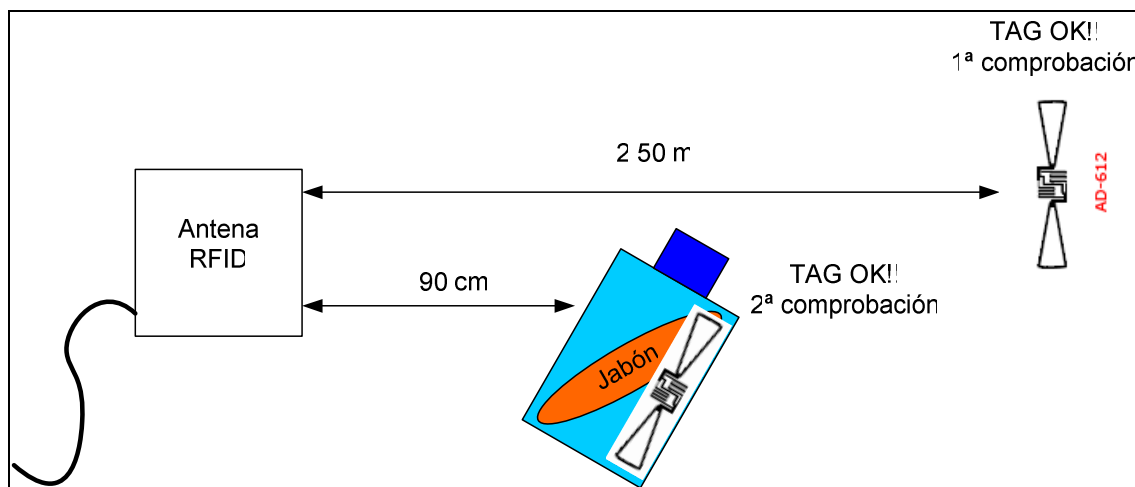


Fig.1.12. Dibujo esquemático de las comprobaciones del correcto funcionamiento del tag.

1.3. Colocación de los tags en cada producto

A la hora de colocar los tags en los diferentes productos hemos de valorar la situación una a una, es decir, producto por producto, porque cada producto puede ser un mundo, ya sea por su diseño o por su composición. Como ya

hemos comentado en el proyecto clasificamos nuestros productos según la composición del material del cual están hechos para así poder agrupar los productos que nos presenten complicaciones similares, por tanto, explicaremos la colocación de los tags en cada uno de los productos siguiendo dicha clasificación. Formaremos 4 grupos de productos: Productos NO problemáticos, Productos metálicos, Productos líquidos y Productos químicos.

1.3.1. Productos NO problemáticos

En principio ninguno de los siguientes productos nos presenta ningún problema de detección y por ello están clasificados como productos no conflictivos y lo único que deberemos considerar es el intentar colocar los tags en lugares donde probablemente no sufran daños físicos. En la siguiente tabla veremos dichos productos y el lugar donde han sido colocados los tags.

Tabla 1.3 Productos NO problemáticos y sus correspondientes tags adheridos.

		
<p>Galletas Clásicas</p>	<p>Macarrones</p>	<p>Soluble de Cacao</p>
		
<p>Tostadas de Pan Integral</p>	<p>Papel de cocina</p>	<p>Cereales Corn Flakes</p>

Como se puede observar en las imágenes hemos adherido los tags correspondientes a cada uno de los siguientes productos:

- **Galletas Clásicas**
- **Macarrones**
- **Soluble de Cacao**
- **Tostadas de Pan Integral**
- **Papel de cocina**
- **Cereales Corn Flakes**

Ningún producto ni por su composición nos produce ninguna dificultad de detección, ya que los materiales como papel, cartón o plástico provocan un efecto transparente a la señal y por tanto como ya hemos comentado antes lo único que tenemos en cuenta es el diseño del producto a la hora de la colocación, buscando siempre el lugar donde sea menos probable que se dañe.

1.3.2. Productos metálicos

Los productos que vamos a mostrar a continuación son unos de los productos clasificados como productos conflictivos, debido a su composición de metal. Como ya hemos comentado con anterioridad deberemos de tener muy en cuenta el lugar donde coloquemos el tag, siempre buscando una superficie de plástico en el caso de que la tenga.

Tabla 1.4 Productos metálicos y sus correspondientes tags adheridos.

 <p>Insecticida</p>	 <p>Tetabrik de Leche</p>	 <p>Bolsa de Patatas Chips</p>
---	--	--



Como se puede observar en las imágenes hemos adherido los tags correspondientes a cada uno de los siguientes productos:

- ❖ **Insecticida:** Este producto se compone de un envase de latón en su 90%, hemos colocado el tag en la única parte de plástico que incorporaba, en la parte superior del envase, en el tapón, dado que aquí el tag se detectará sin problemas al no entrar plenamente en contacto con el metal y al evitar estar colocado en una zona del producto en el cuál las reflexiones le pudiesen afectar. La siguiente imagen nos lo muestra con mayor detalle.



Fig. 1.13. Imagen del tag colocado en el tapón del insecticida.

- ❖ **Tetabrik de Leche:** Este producto es un envase de cartón pero con un recubrimiento interior de aluminio, esto hace que lo tratemos como un

producto de metal debido a que el envase de cartón no es lo suficientemente grueso para funcionar como aislante. Su contenido es leche en estado líquido, pero al estar cubierta por metal el producto nos provocará tan solo reflexión sobre nuestra señal de RF. Una de las soluciones encontradas para conseguir que el tag sea detectado, sería añadir al tag un material que haga la función de un aislante. Para ello utilizaremos un trozo de esponja con un grosor de 2 cm. (el mínimo que nos garantiza que el tag puede ser leído). En la imagen de la tabla 3.4. podemos ver el resultado de dicho proceso.

- ❖ **Bolsa de Patatas Chips:** Este producto esta formado por un envase, que no es más que una bolsa de aluminio, por tanto como en el caso anterior nos provocará un efecto de reflexión sobre nuestra señal. Optaremos por añadir al tag un material que haga de aislante y separe la superficie metálica y tag, de esta manera evitará la desadaptación del tag. El material escogido ha sido un trozo de cartón de 1cm. de grosor, suficiente para que el tag pueda ser leído siempre y cuando tenga la antena de frente, ya que si la tuviéramos de “espaldas” al tag, el mismo envase provocaría una reflexión de nuestra señal RF enviada desde la antena y haría de escudo. En la imagen de la tabla 3.4. podemos ver el resultado de dicho proceso.
- ❖ **Lata de Tomate frito:** Este producto esta envasado por una lata metálica en su 100% provocando reflexiones en nuestra señal RF y posible desadaptación de la antena del tag. Así que debemos colocar el tag de manera que no este pegado totalmente al metal, para ello encontramos dos soluciones. Una de ellas es poner un trozo de esponja con un grosor de 2cm. entre el tag y la lata (con el mismo procedimiento que en el caso del tetabrik de leche), pero el diseño del producto y su estética empeorarían muchísimo. La otra opción sería colgar el tag de la lata mediante un cordón o cuerda. El resultado de ambas soluciones las podemos que ver en la imagen de la tabla 3.4.
- ❖ **Latas de Schweppes Naranja:** Este producto al igual que la lata de tomate esta formado por un envase 100% metálico provocando reflexiones sobre nuestra señal, pero tenemos una ventaja, y es que viene en un “pack” de 6 latas con un envoltorio de plástico, que nos permite colocarlo ahí, sin que este en pleno contacto con el metal y sin que requiera de ningún tipo de encapsulación o colocación de aislante, además de añadir la ventaja de que un conjunto de latas provoca propagación multicamino sobre una señal de RF. En la imagen de la tabla 3.4. podemos ver el resultado final de la colocación del tag en el producto.

1.3.3. Productos líquidos

Los productos que vamos a mostrar a continuación son unos de los productos clasificados como productos conflictivos, debido a su composición de líquida. Como ya hemos comentado con anterioridad

deberemos de tener muy en cuenta el lugar donde coloquemos el tag, siempre buscando una superficie de plástico en el caso de que la tenga.

Tabla 1.5 Productos líquidos y sus correspondientes tags adheridos.



- ❖ **Garrafa de agua:** Este producto está formado por un envase de plástico 100% que no nos aporta ningún tipo de problema, pero no es así con su contenido, que es puramente agua, y nos provocará ciertas atenuaciones a la hora de la lectura dependiendo del lugar donde se encuentre la antena. Para reducir estas atenuaciones hemos pensado en colocar el tag colgando de la garrafa en vez de estar pegado completamente al envase. En la imagen de la tabla 3.5. podemos ver el resultado final de la colocación del tag en el producto.
- ❖ **Aceite de Girasol:** En este producto aparentemente podríamos encontrar mucho parecido al caso anterior con la garrafa de agua, ya que tenemos un envase 100% de plástico y un contenido 100% líquido, aunque esta vez será aceite en vez de agua. Podremos colocar el tag en la superficie del envase, ya que el contenido líquido no nos provocará atenuaciones que nos afecten para las distancias de lectura que tenemos pensadas en el interior del carrito. Contrasta un poco con el caso anterior, en el cual debíamos de poner el tag colgando de la garrafa para no perder eficiencia de detección, en este caso no será necesario ya que las atenuaciones producidas por el líquido son menores, debido a que el área a atravesar por las ondas de RF, es menor que en el caso de la garrafa de agua. Aunque también cabe decir que no sería mala idea colocar el tag colgando de la botella de aceite.

1.3.4. Productos químicos

Los productos que vamos a mostrar a continuación son productos cuya composición es química, algunos de ellos serán prácticamente transparentes y otros absorbentes, es decir, algunos los podremos clasificar como conflictivos y otros no. A pesar de que todos los productos son de composición química sus envases son variados, plásticos, cartón o papel. El contenido también será variado, polvos, líquidos y líquidos viscosos. En la siguiente tabla mostramos dichos productos.

Tabla 1.6 Productos químicos y sus correspondientes tags adheridos.

		
Lavavajillas	Suavizante	Agua de Colonia
		
Lejía	Detergente	

- ❖ **Lavavajillas Coral:** Este producto es uno de los productos mas conflictivos que tenemos, su envase es de plástico y no nos provoca ningún problema, pero su contenido es un concentrado de jabón en estado liquido viscoso que nos provoca una gran absorción de nuestra señal y con ello una fuerte atenuación, llegando al punto de hacer al tag indetectable, ya sea porque no le llega la suficiente energía al tag o porque el tag no consigue contestar con la suficiente energía al lector por el hecho de encontrarse con este producto en medio. La solución más factible que hemos encontrado es la de atar el tag mediante un cordón al tapón del envase del lavavajillas, consiguiendo así dejar al tag en una posición donde la mayor parte de las veces no encuentra el obstáculo directo del producto. En la imagen de la tabla 3.6. podemos ver el resultado final de la colocación del tag en el producto.
- ❖ **Suavizante:** Este producto se compone por un envase de plástico y un recubrimiento de cartón, y en su interior un líquido de jabón suavizante. Dicho líquido provoca una absorción en nuestra señal algo mayor de lo que el agua hacía, pero menor que el lavavajillas, por eso nos será suficiente con colocar el tag en el reverso del envase para que puede ser detectado problemas, ya que la atenuación que provoca el líquido no es suficiente para impedir la detección del tag. En la imagen de la tabla 3.6. podemos ver el resultado final de la colocación del tag en el producto.
- ❖ **Agua de Colonia:** Este producto se compone de un envase 100% plástico con un recubrimiento de papel como etiqueta, el cuál contiene colonia en estado liquida. Este líquido nos producirá unos efectos de absorción sobre nuestra señal de RF, pero debido a la poca sección que nuestra señal deberá atravesar por el producto, las atenuaciones creadas por dicha absorción no serán suficientes para causarnos un problema a la hora de la detección del tag. Por tanto tendremos suficiente con colocar el tag enganchado al reverso del envase. En la imagen de la tabla 3.6. podemos ver el resultado final de la colocación del tag en el producto.
- ❖ **Lejía:** Este producto se compone 100% por un envase de plástico y en su interior con lejía en estado líquido. Dicho líquido provoca una absorción en nuestra señal algo mayor de lo que lo hacía el agua hacía, nos encontramos en un caso muy parecido al que nos encontrábamos con el lavavajillas, pero esta vez en menor medida que este. La solución más factible no es otra que la de atar el tag mediante un cordón al envase de la lejía, consiguiendo así dejar al tag en una posición donde la mayor parte de las veces no encuentra el obstáculo directo del producto, ya que si lo pegásemos completamente en la superficie del envase dificultaríamos su lectura en un número muy grande de los posibles casos. En la imagen de la tabla 3.6. observamos el resultado final de la colocación del tag en el producto.

- ❖ **Detergente lavadora:** Este es el producto más transparente de todos los productos químicos, debido a su composición de un envase de cartón y plástico, y por su contenido que se encuentra en forma de polvos. Colocaremos el tag en la posición en la cuál creamos que sea menos probable que sufra algún tipo de daño. En la imagen de la tabla 3.6. observamos el resultado final de la colocación del tag en el producto.

1.4. Realización de las tres distribuciones de productos

Una de las medidas que tomaremos durante la realización de cada una de las pruebas será la de observar el comportamiento, en lo que eficiencia se refiere, de cada una de nuestras distribuciones de antenas ante tres distribuciones de productos concretas en el interior del carrito.

El hecho de que hayamos escogido tres distribuciones no significa que queramos obtener conclusiones a nivel general de la aplicación, ya que son una infinidad las posibles variantes de distribuciones, si no que queremos realizar el estudio detallado de nuestra aplicación y ver el comportamiento de esta a lo largo de todas las pruebas en tres situaciones en concreto. Las distribuciones siguen un nivel ascendente de dificultad de detección de los productos, es decir, la primera distribución será una distribución aparentemente sencilla a la hora de detección, la segunda distribución obtendrá un grado más de complejidad y la tercera distribución será a priori la más compleja de las 3.

Para poder representar dichas distribuciones utilizaremos pequeños dibujos esquemáticos de los productos y del carrito. A continuación representaremos la leyenda de estos dibujos esquemáticos:

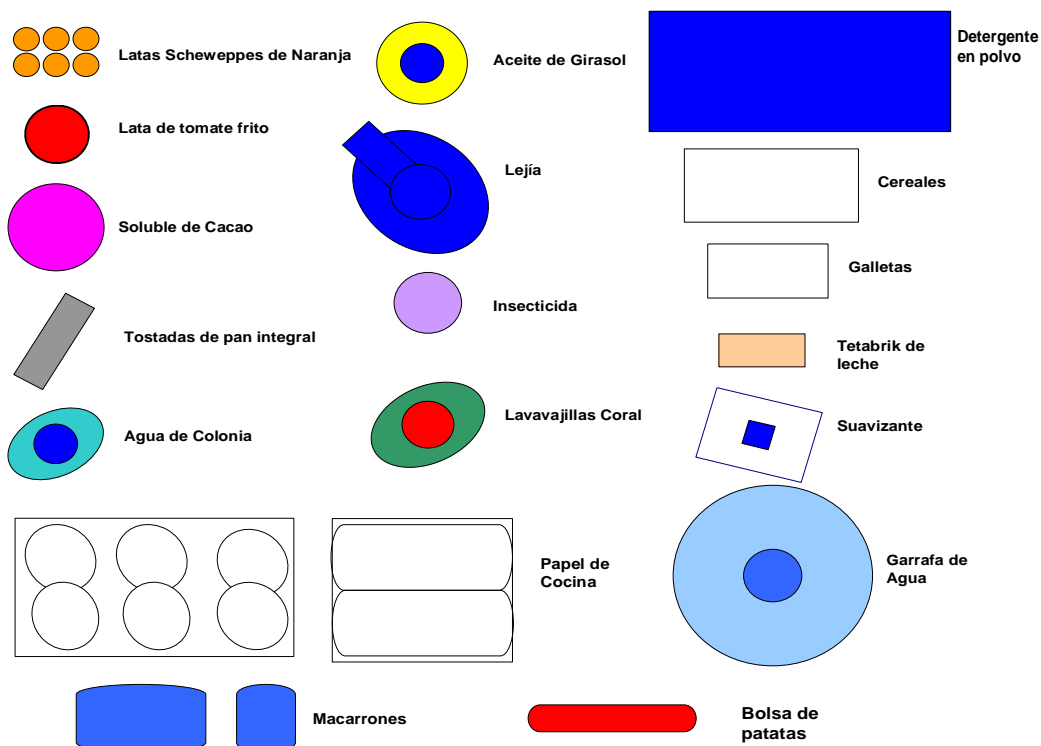




Fig. 1.15. Imagen de la 1ª distribución de productos.

1.4.2. Segunda distribución de productos

La segunda distribución será una distribución algo más compleja que la primera y contará con 15 de los 18 productos disponibles. En la siguiente tabla podemos ver todos los productos que aparecen en esta distribución coloreados de color rosa.

Tabla 1.8 ID´s, tags y productos de la 2ª distribución.

Nº de TAG	ID del TAG	PRODUCTO
1	300833B2EF10A4CF8E050001	<i>Galletas Clásicas</i>
3	300833B2EF10A4CF8E050003	<i>Macarrones</i>
12	300833B2EF10A4CF8E050012	<i>Aceite de Girasol</i>
13	300833B2EF10A4CF8E050013	<i>Lejía</i>
16	300833B2EF10A4CF8E050016	<i>Insecticida</i>
17	300833B2EF10A4CF8E050017	<i>Soluble de Cacao</i>
18	300833B2EF10A4CF8E050018	<i>Lavavajillas Coral</i>
19	300833B2EF10A4CF8E050019	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>
21	300833B2EF10A4CF8E050021	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
22	300833B2EF10A4CF8E050022	<i>Cereales Corn Flakes</i>
23	300833B2EF10A4CF8E050023	<i>Tetabrik de Leche</i>
24	300833B2EF10A4CF8E050024	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
25	300833B2EF10A4CF8E050025	<i>Agua de Colonia</i>
26	300833B2EF10A4CF8E050026	<i>Papel de cocina</i>
27	300833B2EF10A4CF8E050027	<i>Garrafa de agua</i>
28	300833B2EF10A4CF8E050028	<i>Detergente labadora</i>
29	300833B2EF10A4CF8E050029	<i>Lata de Tomate frito</i>
30	300833B2EF10A4CF8E050030	<i>Suavizante</i>

1.4.3. Tercera distribución de productos

La tercera distribución será la distribución más compleja de las tres a la hora de detección de productos, ya que contará los 18 productos disponibles. En la siguiente tabla podemos ver todos los productos que aparecen en esta distribución coloreados de color rosa.

Tabla 1.9 ID's, tags y productos de la 3ª distribución.

Nº de TAG	ID del TAG	PRODUCTO
1	300833B2EF10A4CF8E000001	<i>Galletas Clásicas</i>
2	300833B2EF10A4CF8E000002	<i>Macarrones</i>
3	300833B2EF10A4CF8E000003	<i>Aceite de Girasol</i>
4	300833B2EF10A4CF8E000004	<i>Lejía</i>
5	300833B2EF10A4CF8E000005	<i>Insecticida</i>
6	300833B2EF10A4CF8E000006	<i>Soluble de Cacao</i>
7	300833B2EF10A4CF8E000007	<i>Lavavajillas Coral</i>
8	300833B2EF10A4CF8E000008	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>
9	300833B2EF10A4CF8E000009	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
10	300833B2EF10A4CF8E000010	<i>Cereales Corn Flakes</i>
11	300833B2EF10A4CF8E000011	<i>Tetabrik de Leche</i>
12	300833B2EF10A4CF8E000012	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
13	300833B2EF10A4CF8E000013	<i>Agua de Colonia</i>
15	300833B2EF10A4CF8E000015	<i>Papel de cocina</i>
16	300833B2EF10A4CF8E000016	<i>Garrafa de agua</i>
17	300833B2EF10A4CF8E000017	<i>Detergente labadora</i>
18	300833B2EF10A4CF8E000018	<i>Lata de Tomate frito</i>
19	300833B2EF10A4CF8E000019	<i>Suavizante</i>

Como podemos observar de estos 18 productos, una vez hechas las comprobaciones de funcionamiento de tags del apartado 3.1.2 identificamos 9 productos como productos que nos puedan causar algún problema a la hora de la detección, que son “Latas de Schweppes Naranja”, “Insecticida”, “Tetabrik de Leche”, “Lata de Tomate frito”, “Bolsa de Patatas Chips”, “Lejía”, “Insecticida”, “Lavavajillas Coral” y “Suavizante”; los cinco primeros debido a su composición de metal y los cuatro últimos debido a que su composición química es un fuerte atenuante de las ondas de RF. En las siguientes figuras e imágenes podemos observar con más detalle dicha distribución.

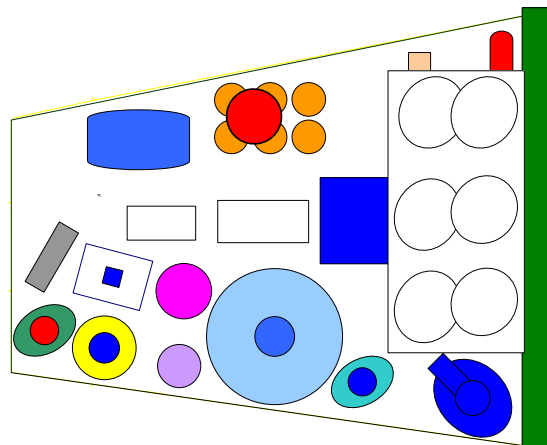


Fig. 1.18 Dibujo esquemático de la 3ª distribución de productos



Fig. 1.19. Imagen de la 3ª distribución de productos.

2. Realización de las pruebas

En este apartado podemos encontrar la memoria completa de cada una de las pruebas realizadas a lo largo del proyecto. La estructura de la memoria de cada prueba sigue el mismo patrón, componiéndose de los siguientes apartados:

- 1) Material utilizado
- 2) Descripción escenario
- 3) Medidas
- 4) Resultado
- 5) Conclusiones

2.1. Prueba A

La prueba A consiste en realizar medidas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada una de estas tarjetas o tag esta adherida a un producto. La prueba se realizara con un lector y unas antenas en concreto (que describiremos en el siguiente punto), este procedimiento se llevará a cabo para poder probar su capacidad de detección en nuestra aplicación y poder sacar

unas conclusiones en la decisión del material más adecuado para nuestra aplicación final.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el anterior apartado 1.4. de este mismo anexo.

2.1.1. *Material utilizado*

Tabla 2.1. Material empleado para prueba A.

Lector RFID	Samsys 9320 2.8e
Antena RFID	(3) Poynting A0003-02
Cables de RF	(3) Cables Samsys
Tags	Avery Dennison 612

2.1.2. *Descripción escenario*

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- Una antena colocada en cada uno de los laterales del carrito.
- Una antena colocada en la parte inferior del carrito.

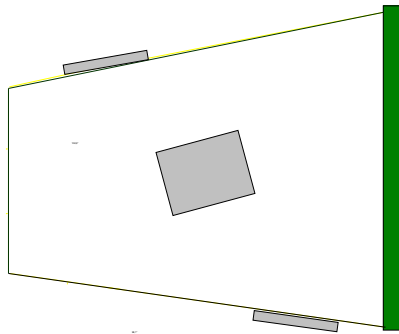


Fig. 2.1. Distribuciones de las antenas en la prueba A.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica convencional.

2.1.3. Medidas

Tabla 2.2. Lectura 1ª distribución de productos prueba A.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>		x
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>		
<i>Suavizante</i>		
<i>Tostadas de Pan Integral</i>		x
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>		x
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
TOTAL	9	3
PORCENTAGE (%)	75	25
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		75

Tabla 2.3. Lectura 2ª distribución de productos prueba A.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>		x
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>		x
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		x
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>		x
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		x
TOTAL	9	6
PORCENTAGE (%)	60	40
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		60

Tabla 2.4. Lectura 3ª distribución de productos prueba A.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		x
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>		x
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>		x
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		x
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>		x
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		x
<i>Suavizante</i>		x
TOTAL	10	8
PORCENTAGE (%)	55,55555556	44,44444444
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		55,55555556

2.1.4. Resultados

Tabla 2.5. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones de la prueba A.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	9	9	10
TOTAL NO	3	6	8
PORCENTAGE OK (%)	75	60	55,55555556
PORCENTAGE NO (%)	25	40	44,44444444
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	75	60	55,55555556

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	63,51851852
--	--------------------

2.1.5. Conclusiones

Con esta distribución de antenas obtenemos unos resultados (63,52% de eficiencia de detección media) muy por debajo de los resultados que se desean conseguir (entre 90% y 85% de eficiencia de detección media), no es capaz de detectar más de 10 productos aún a pesar de que tiene 3 antenas incorporadas

al carrito. Ya sea por la calidad del lector o de las antenas descartamos este material lo descartamos para incluirlo en nuestra aplicación final.

2.2. Prueba B

La prueba B consiste en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tag se encuentra colocado en un producto real. A diferencia con la prueba A, el lector y las antenas utilizadas serán de un modelo diferente (en el siguiente punto será descrito el material empleado), con ello se pretenden unos objetivos idénticos a los de las pruebas A, es decir, obtener la capacidad de detección de dichos componentes en nuestra aplicación y extraer conclusiones para la decisión final del material ha escoger.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el apartado 1.4. de este mismo anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes (estas distribuciones de productos no serán representadas ni tomadas como estándar como lo fueron las 3 distribuciones anteriores). Estas medidas las llevaremos a cabo ya que creemos que el número de diferentes posibilidades a la hora de realizar una distribución de productos en el carrito son enormemente elevadas, y las 3 lecturas anteriores solo pueden representar 3 casos en concreto y no dar una eficiencia de detección precisa y totalmente representativa de nuestra aplicación.

Se ha tomado 100 como número de muestras al considerarse un número relativamente grande y redondo, ya que la relación entre los resultados obtenidos y el tiempo de realización de las pruebas no se incrementa de manera notoria al realizar un mayor número de introducciones aleatorias de los productos en el carrito, aunque como en todo estudio estadístico cuanto mayor sea el número de muestras más acotaremos nuestro margen de error.

2.2.1. Material utilizado

Tabla 2.6 Material empleado para la prueba B.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(1) Matrics pequeña
Cables de RF	(1) Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.2.2. Descripción escenario

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- La antena colocada en el frontal del carrito.

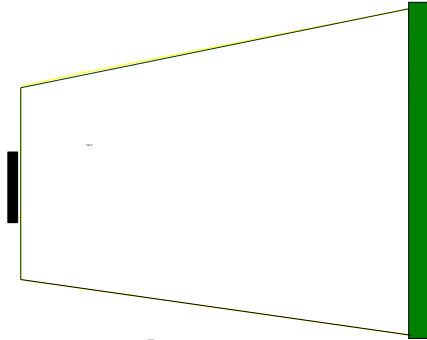


Fig. 2.2 Distribución de la antena en la prueba B.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.2.3. Medidas

Tabla 2.6. Lectura 1ª distribución de productos prueba B.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	11	1
PORCENTAGE (%)	91,66666667	8,333333333
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	91,66666667	

Tabla 2.7. Lectura 2ª distribución de productos prueba B.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>		x
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>		x
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		x
TOTAL	12	3
PORCENTAGE (%)	80	20
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		80

Tabla 2.8. Lectura 3ª distribución de productos prueba B.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	16	2
PORCENTAGE (%)	88,88888889	11,11111111
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		88,88888889

Tabla 2.9. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba B.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
38,889	7	0
44,445	8	0
50	9	7
55,556	10	0
61,112	11	24
66,667	12	13
72,223	13	20
77,778	14	13
83,334	15	15
88,889	16	8
94,445	17	0
100	18	0

Promedio (%) 71,01

2.2.4. Resultados

Tabla 2.10. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones en la prueba B.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	11	12	16
TOTAL NO	1	3	2
PORCENTAGE OK (%)	91,66666667	80	88,88888889
PORCENTAGE NO (%)	8,333333333	20	11,11111111
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	91,66666667	80	88,88888889

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%) 86,85185185

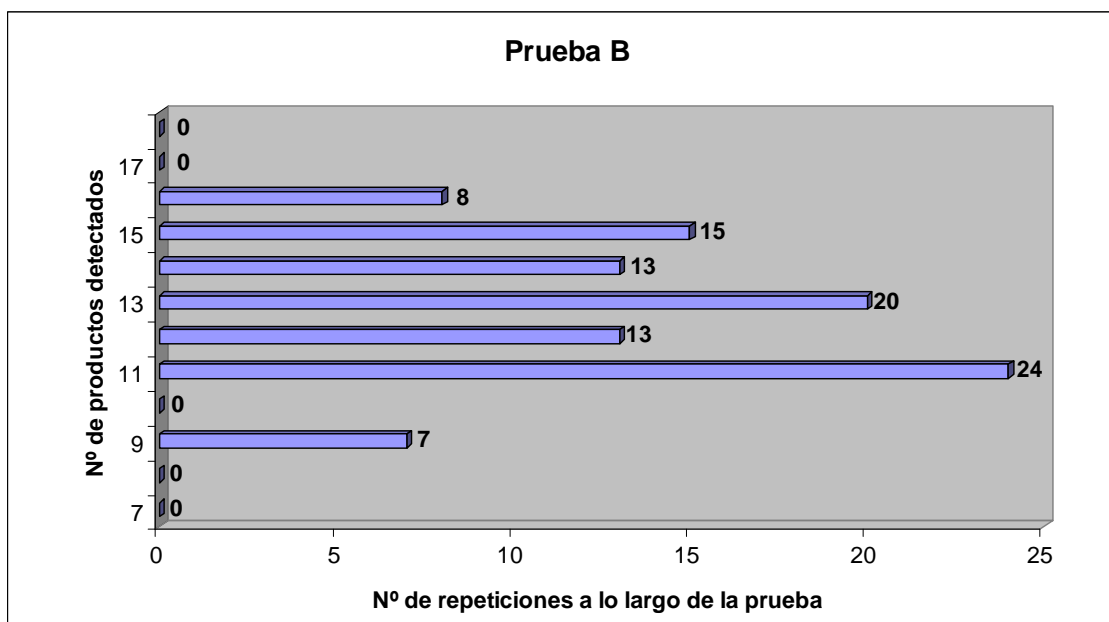


Fig. 2.3. Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba B.

2.2.5. Conclusiones

Con esta distribución de antenas, aun a pesar de solo contar con una antena obtenemos una eficiencia de detección considerablemente superior a la prueba A, tanto en el promedio de las 3 distribuciones de productos concretadas (86,89%), como en el promedio de las 100 introducciones de distribuciones de productos aleatorias en el carrito (71,01%). Podemos considerar como válida la eficiencia de detección de la aplicación obtenida a través de la prueba de las 100 distribuciones aleatorias, ya que es un cálculo más ajustado y representativo. En las gráficas podemos observar que los productos detectados oscilan la mayoría de las veces entre 11 y 15 en un total de 18, es decir que estaríamos detectando siempre entre el 61% y el 81% de los productos introducidos al carrito, teniendo en cuenta que tan solo hemos empleado una antena, podemos decir que los resultados obtenidos en esta prueba B son bastante buenos.

2.3. Prueba C

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tag se encuentra colocado en un producto real. A diferencia con la prueba B, la antena utilizada estará ubicada en un lugar diferente del carrito (en un punto posterior será descrito con mayor exactitud), con ello se

pretenden unos objetivos idénticos a los de las pruebas anteriores, es decir, obtener la capacidad de detección de dichos componentes en nuestra aplicación y extraer conclusiones para la decisión final del material ha escoger.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el apartado 1.4. de este anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones diferentes de productos. Procederemos a realizarlo del mismo modo explicado en la prueba B.

2.3.1. *Material utilizado*

Tabla 2.11 Material empleado para la prueba C.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(1) Matrics pequeña
Cables de RF	(1) Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.3.2. *Descripción escenario*

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- La antena colocada en el lateral del carrito.

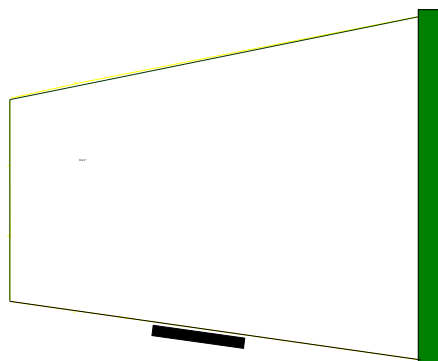


Fig. 2.4. Distribución de la antena en la prueba C.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.3.3. Medidas

Tabla 2.12. Lectura 1ª distribución de productos prueba C.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>		x
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	10	2
PORCENTAGE (%)	83,33333333	16,66666667
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	83,33333333	

Tabla 2.13. Lectura 2ª distribución de productos prueba C.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>		x
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		x
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>		x
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>		x
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	11	4
PORCENTAGE (%)	73,33333333	26,66666667
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		73,33333333

Tabla 2.14. Lectura 3ª distribución de productos prueba C.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>		x
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>		x
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>		x
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>		x
TOTAL	12	6
PORCENTAGE (%)	66,66666667	33,33333333
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		66,66666667

Tabla 2.15. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba C.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	3
33,334	6	1
38,889	7	3
44,445	8	1
50	9	0
55,556	10	4
61,112	11	13
66,667	12	35
72,223	13	20
77,778	14	12
83,334	15	8
88,889	16	0
94,445	17	0
100	18	0

Promedio (%) 66,73

2.3.4. Resultados

Tabla 2.16. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones en la prueba C.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	10	11	12
TOTAL NO	2	4	6
PORCENTAGE OK (%)	83,33333333	73,33333333	66,66666667
PORCENTAGE NO (%)	16,66666667	26,66666667	33,33333333
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	83,33333333	73,33333333	66,66666667

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	74,44444444
--	--------------------

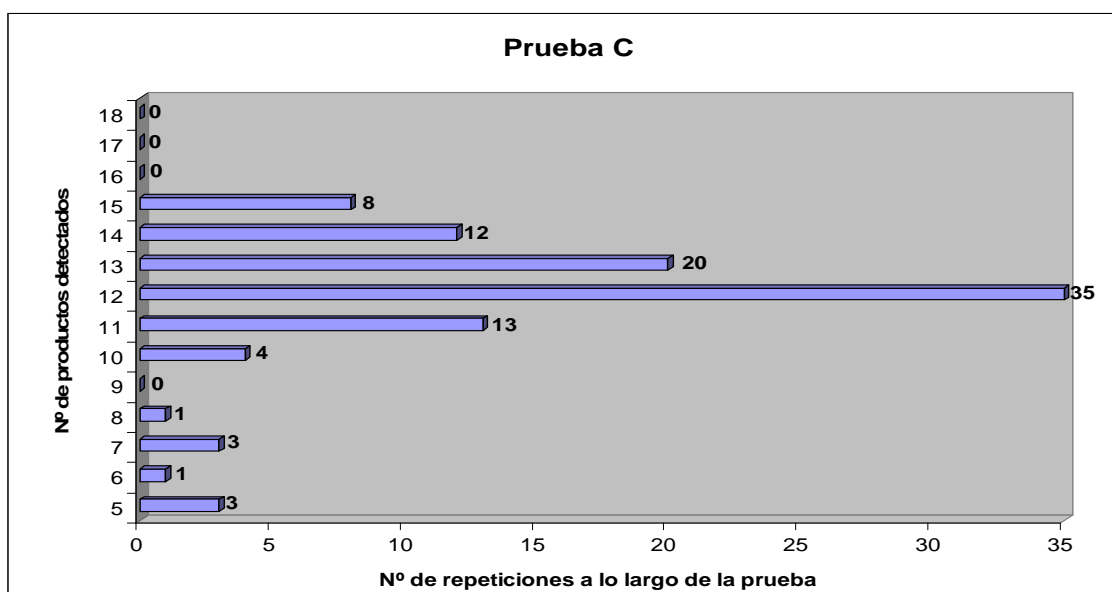


Fig. 2.5. Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba C.

2.3.5. Conclusiones

Con esta distribución de antenas, se obtienen unos resultados esperados y acorde con la situación (una sola antena situada en el lateral), donde el promedio de eficiencia de las medidas al introducir 100 distribuciones de productos de manera aleatoria es de 66,73%, algo inferior a el promedio obtenido en la prueba B (una antena en el frontal, 71,01%) pero siendo unos resultados aceptables, ya que por ejemplo obtenemos un promedio superior (74,45%) a los obtenidos en la prueba A en las medidas tomadas en las 3 distribuciones (63,52%), además de unos resultados más favorables al detectar al menos 10 productos en cada una de las lecturas. Observando las gráficas, podemos obtener la información de que nuestra aplicación con una sola antena en el lateral detecta un promedio de entre 11 y 15 productos de 18, moviéndose en unos porcentajes de entre 61% y 83% de eficiencia de detección, en este sentido obtenemos unos resultados muy semejantes a los de la prueba B (una antena colada en el frontal).

2.4. Prueba D

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tag se encuentra colocado en un producto real. A diferencia con las prueba B y C, la antena utilizada estará ubicada en un lugar diferente del carrito (en un punto posterior será descrito con mayor exactitud), con ello se pretenden unos objetivos idénticos a los de las pruebas anteriores, es decir,

obtener la capacidad de detección de dichos componentes en nuestra aplicación y extraer conclusiones para la decisión final del material ha escoger.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el apartado 1.4. de este anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes (estas distribuciones de productos no serán representadas ni tomadas como estándar como lo fueron las 3 distribuciones anteriores).

2.4.1. Material utilizado

Tabla 2.17. Material empleado para la prueba D.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(1) Matrics pequeña
Cables de RF	(1) Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.4.2. Descripción escenario

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- La antena colocada en la parte inferior del carrito.

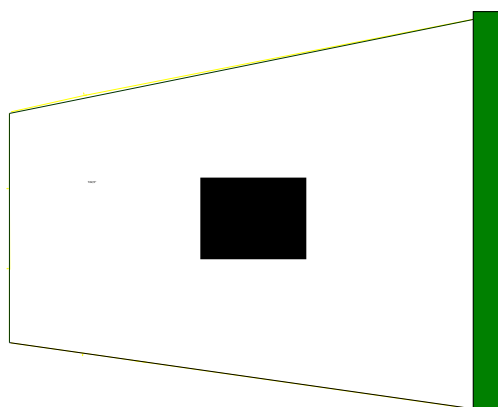


Fig. 2.6. Distribución de la antena en la prueba D.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.4.3. Medidas

Tabla 2.18. Lectura 1ª distribución de productos prueba D.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>		x
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>		x
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	8	4
PORCENTAGE (%)	66,66666667	33,33333333
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	66,66666667	

Tabla 2.19. Lectura 2ª distribución de productos prueba D.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		x
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>		x
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	11	3
PORCENTAGE (%)	73,33333333	20
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		73,33333333

Tabla 2.20. Lectura 3ª distribución de productos prueba D.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>		x
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>		x
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	14	4
PORCENTAGE (%)	77,77777778	22,22222222
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		77,77777778

Tabla 2.21. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba D.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	0
33,334	6	3
38,889	7	2
44,445	8	6
50	9	7
55,556	10	8
61,112	11	17
66,667	12	20
72,223	13	24
77,778	14	9
83,334	15	4
88,889	16	0
94,445	17	0
100	18	0

Promedio (%) 63,78

2.4.4. Resultados

Tabla 2.22. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	8	11	14
TOTAL NO	4	3	4
PORCENTAGE OK (%)	66,66666667	73,33333333	77,77777778
PORCENTAGE NO (%)	33,33333333	20	22,22222222
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	66,66666667	73,33333333	77,77777778

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	72,59259259
--	--------------------

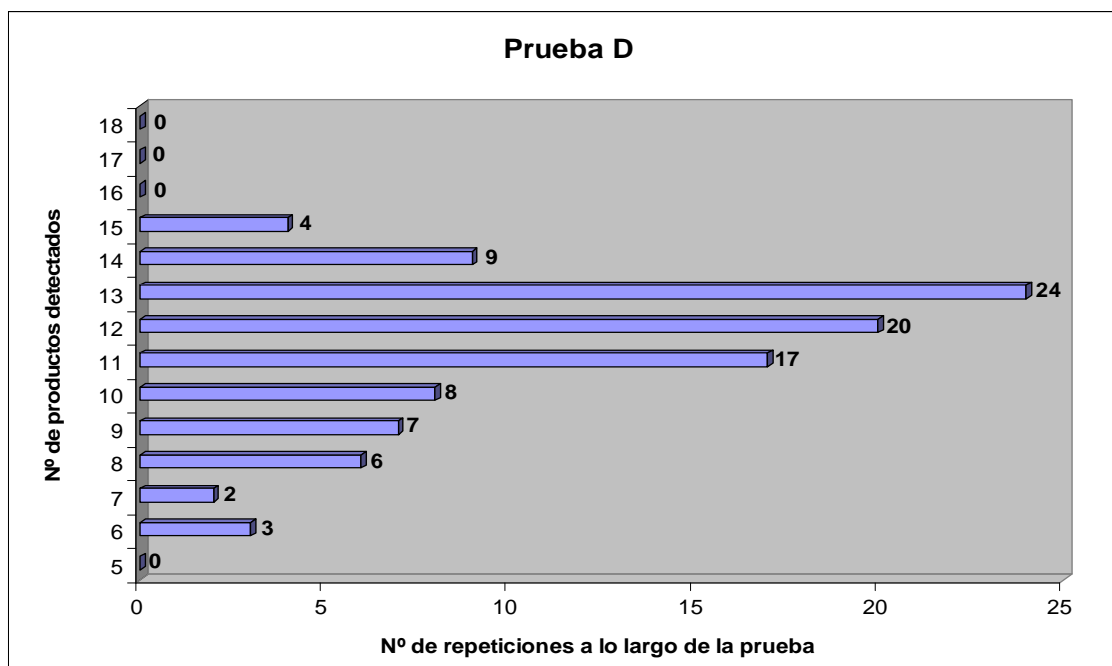


Fig. 2.7 Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba D.

2.4.5. Conclusiones

Esta prueba es la última en la cual la distribución de antena tan solo cuenta con una antena, en comparación con las pruebas B (una antena en el frontal) y C (una antena en el lateral), obtenemos unos resultados ligeramente inferiores (63,78%) a estas dos pruebas (71,01% y 66,73%). Esto es debido a que la antena al estar colocada en la parte inferior del carrito dejará de leer todos aquellos productos con composición metálica que queden colocados “boca arriba”, y obstaculicen el campo de iluminación de la antena. Aún así, hay que tener en cuenta que tan solo esta antena podrá detectar todos aquellos productos que queden colocados justo en la situación inversa, es decir, “boca abajo” y siendo el tag tapado por el producto de composición metálica para antenas colocadas en el frontal o lateral. Por otro lado también hemos de decir que obtenemos un promedio de eficiencia en las medidas de 3 distribuciones de un 72,6%, siendo superior a la de la prueba A. Observando las gráficas obtenemos que esta distribución asegura a la aplicación la detección media de entre 11 y 14 productos sobre 18, por tanto una eficiencia de detección media de entre 61% y 78%, como ya hemos dichos antes estos resultados son algo inferiores a los de colocar las antenas en el frontal o el lateral.

2.5. Prueba E

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tag se encuentra colocado en un producto real. A diferencia con las pruebas B ,C y D, serán dos las antenas utilizadas y estarán ubicadas en dos de los 3 lugares en los cuales colocábamos anteriormente las antenas (en un punto posterior será descrito con mayor exactitud), con ello se pretenden unos objetivos idénticos a los de las pruebas anteriores, es decir, obtener la capacidad de detección de dichos componentes en nuestra aplicación y extraer conclusiones para la decisión final del material ha escoger.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el apartado 1.4. de este anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes (estas distribuciones de productos no serán representadas ni tomadas como estándar como lo fueron las 3 distribuciones anteriores).

2.5.1. Material utilizado

Tabla 2.23 Material empleado para la prueba E.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(2) Matrics pequeña
Cables de RF	(2) Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.5.2. Descripción escenario

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- Una antena colocada en el frontal del carrito.
- Otra antena colocada en la parte inferior del carrito.

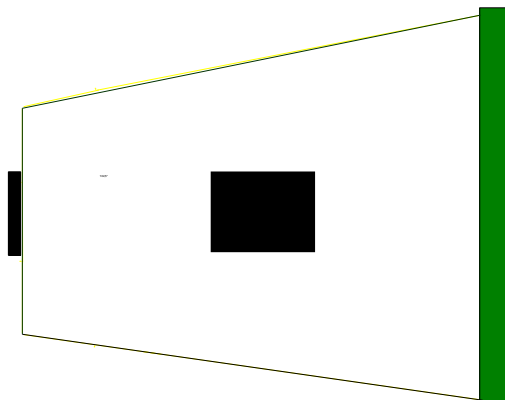


Fig. 2.8 Distribución de la antena en la prueba E.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.5.3. Medidas

Tabla 2.25. Lectura 1ª distribución de productos prueba E.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	12	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		100

Tabla 2.26. Lectura 2ª distribución de productos prueba E.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		x
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		x
TOTAL	12	3
PORCENTAGE (%)	80	20
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		80

Tabla 2.27. Lectura 3ª distribución de productos prueba E.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>		x
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	15	3
PORCENTAGE (%)	83,33333333	16,66666667
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		83,33333333

Tabla 2.28. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba E.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	0
33,334	6	0
38,889	7	0
44,445	8	0
50	9	0
55,556	10	0
61,112	11	0
66,667	12	0
72,223	13	4
77,778	14	19
83,334	15	17
88,889	16	32
94,445	17	16
100	18	12

Promedio (%) 87,39

2.5.4. Resultados

Tabla 2.29. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	12	12	15
TOTAL NO	0	3	3
PORCENTAGE OK (%)	100	80	83,33333333
PORCENTAGE NO (%)	0	20	16,66666667
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	100	80	83,33333333

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%) 87,77777778

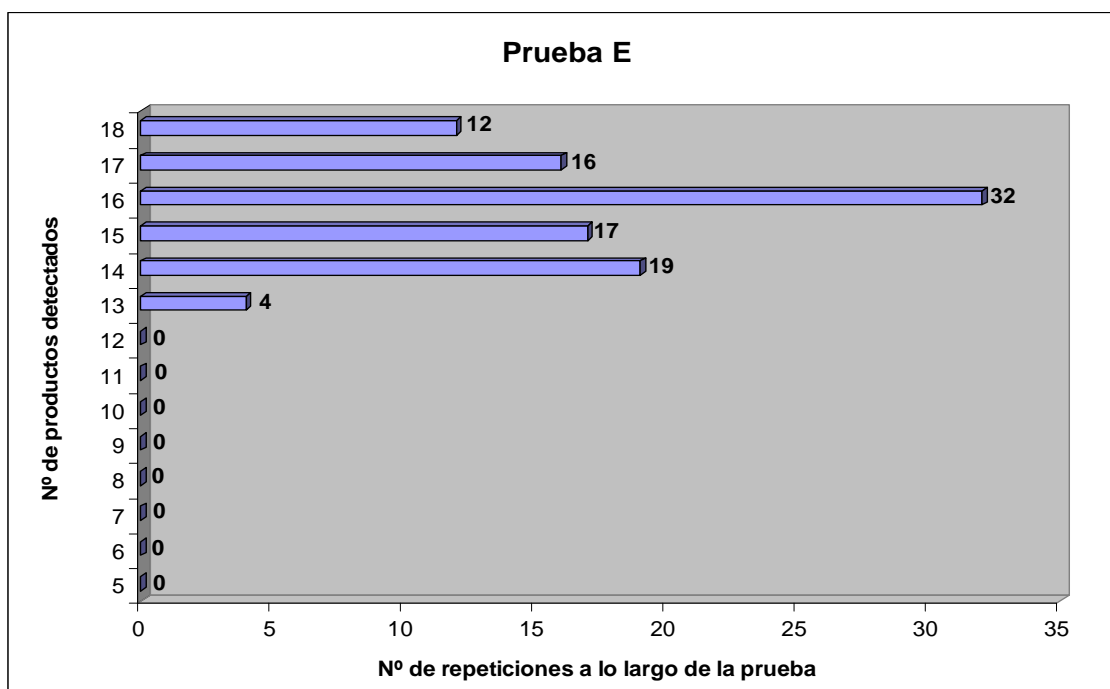


Fig. 2.9 Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba E.

2.5.5. Conclusiones

Esta prueba es la primera en la que la distribución de antenas esta compuesta por dos antenas (una en el frontal y otra en la parte inferior). Los resultados obtenidos son los mejores hasta ahora, con una eficiencia de detección media de 87% en ambos tipos de medida, 100 distribuciones aleatorias y 3 distribuciones fijadas. Son estos los resultados que hasta ahora más se acercan a los resultados que estamos buscando, es decir, de una eficiencia que ronde el 90%. Observamos en las gráficas que podemos asegurar con esta distribución una media de productos detectados entre 14 y 18 de un total de 18, nos encontraremos en unos porcentajes de entre el 77% y el 100% de eficiencia de detección. Relacionamos los buenos resultados a la unión de una antena que por si sola nos daba unos resultados muy buenos con otra antena que tan solo ella es capaz de detectar algunos productos en unas circunstancias ya descritas en la prueba D.

2.6. Prueba F

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tag se encuentra colocado en un producto real. A diferencia con la prueba E, las dos antenas utilizadas estarán ubicadas con una distribución diferente (en un punto posterior será descrito con mayor exactitud),

con ello se pretenden unos objetivos idénticos a los de las pruebas anteriores, es decir, obtener la capacidad de detección de dichos componentes en nuestra aplicación y extraer conclusiones para la decisión final del material ha escoger.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el anterior apartado 1.4. de este anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes (estas distribuciones de productos no serán representadas ni tomadas como estándar como lo fueron las 3 distribuciones anteriores).

2.6.1. *Material utilizado*

Tabla 2.30. Material empleado para la prueba F.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(2) Matrics pequeña
Cables de RF	(2) Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.6.2. *Descripción escenario*

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- Una antena colocada en el lateral del carrito.
- Otra antena colocada en la parte inferior del carrito.

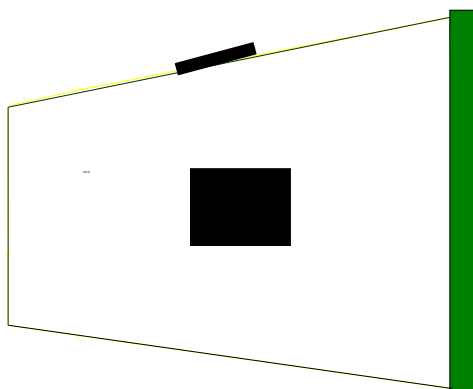


Fig. 2.10. Distribución de la antena en la prueba F.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.6.3. Medidas

Tabla 2.31. Lectura 1ª distribución de productos prueba F.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	11	1
PORCENTAGE (%)	91,66666667	8,333333333
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	91,66666667	

Tabla 2.32. Lectura 2ª distribución de productos prueba F.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		x
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		x
TOTAL	13	2
PORCENTAGE (%)	86,66666667	13,33333333
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		86,66666667

Tabla 2.33. Lectura 3ª distribución de productos prueba F.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	18	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		100

Tabla 2.34. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba F.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	0
33,334	6	0
38,889	7	0
44,445	8	0
50	9	0
55,556	10	0
61,112	11	0
66,667	12	0
72,223	13	15
77,778	14	9
83,334	15	28
88,889	16	20
94,445	17	16
100	18	12

Promedio (%) 86,06

2.6.4. Resultados

Tabla 3.35 Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	11	13	18
TOTAL NO	1	2	0
PORCENTAGE OK (%)	91,66666667	86,66666667	100
PORCENTAGE NO (%)	8,333333333	13,33333333	0
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	91,66666667	86,66666667	100

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	92,77777778
--	--------------------

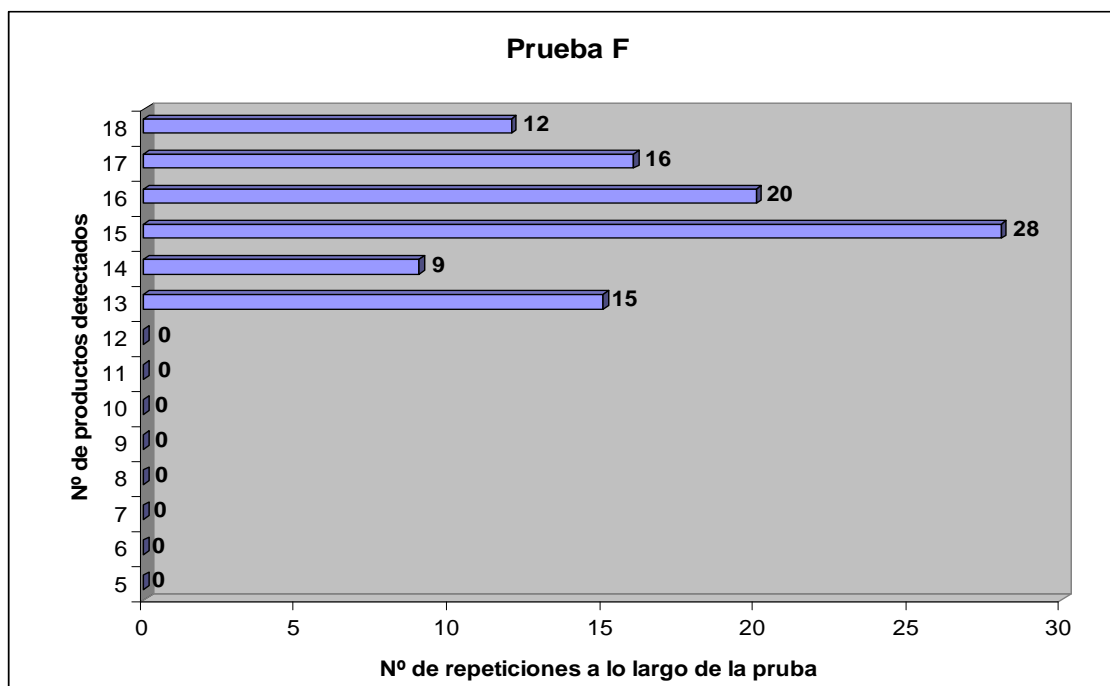


Fig. 2.11. Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba F.

2.6.5. Conclusiones

Esta prueba volvemos a utilizar una distribución de antenas compuesta por dos antenas (una en el lateral y otra en la parte inferior). Los resultados obtenidos vuelven a ser muy buenos (86,06%), pero algo inferiores a los de la prueba E (87,39%), en la medida de 100 distribuciones aleatorias; aunque cabe decir que la medida de 3 distribuciones fijadas, obtenemos unos resultados mejores (92,78%) a los de la prueba E (87,78%), pero como ya hemos comentado con anterioridad tomaremos como eficiencia media de detección válida a la medida de 100 distribuciones, por ser más representativa para nuestra aplicación. Los resultados se vuelven a acercar a los resultados deseados (90% aproximadamente). También podemos observar en las gráficas que con esta distribución se pueden obtener una media de productos detectados entre 13 y 18 de un total de 18, nos encontraremos en unos porcentajes de entre el 72% y el 100% de eficiencia de detección, algo inferiores a los márgenes obtenidos en la prueba anterior. Relacionamos la pequeña diferencia de resultados entre la prueba E y F a que el no contar con una antena en el frontal nos resta un poco de eficiencia en comparación a una aplicación si que la lleva incorporada.

2.7. Prueba G

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tag se encuentra colocado en un producto real. A diferencia con las pruebas E y F, las dos antenas utilizadas estarán ubicadas con una distribución diferente (en un punto posterior será descrito con mayor exactitud), con ello se pretenden unos objetivos idénticos a los de las pruebas anteriores, es decir, obtener la capacidad de detección de dichos componentes en nuestra aplicación y extraer conclusiones para la decisión final del material ha escoger.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos diferentes en el interior del carrito para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el apartado 1.4. de este anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes (estas distribuciones de productos no serán representadas ni tomadas como estándar como lo fueron las 3 distribuciones anteriores).

2.7.1. Material utilizado

Tabla 2.36 Material empleado para la prueba G.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(2) Matrics pequeña
Cables de RF	(2) Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.7.2. Descripción escenario

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- Una antena colocada en el lateral del carrito.
- Otra antena colocada en el frontal del carrito.

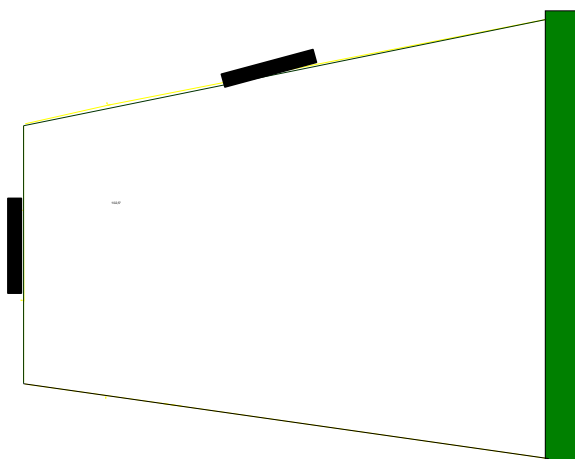


Fig. 2.12 Distribución de la antena en la prueba F.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.7.3. Medidas

Tabla 2.37. Lectura 1ª distribución de productos prueba G.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	12	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	100	

Tabla 2.38. Lectura 2ª distribución de productos prueba G.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		x
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	14	1
PORCENTAGE (%)	93,33333333	6,666666667
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		93,33333333

Tabla 2.39. Lectura 3ª distribución de productos prueba G.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	17	1
PORCENTAGE (%)	94,44444444	5,555555556
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		94,44444444

Tabla 2.40. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba G.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	0
33,334	6	0
38,889	7	0
44,445	8	0
50	9	0
55,556	10	0
61,112	11	0
66,667	12	0
72,223	13	0
77,778	14	4
83,334	15	31
88,889	16	25
94,445	17	27
100	18	13

Promedio (%)	89,67
---------------------	--------------

2.7.4. Resultados

Tabla 2.41. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	12	14	17
TOTAL NO	0	1	1
PORCENTAJE OK (%)	100	93,33333333	94,44444444
PORCENTAJE NO (%)	0	6,66666667	5,55555556
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	100	93,33333333	94,44444444

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	95,92592593
--	--------------------

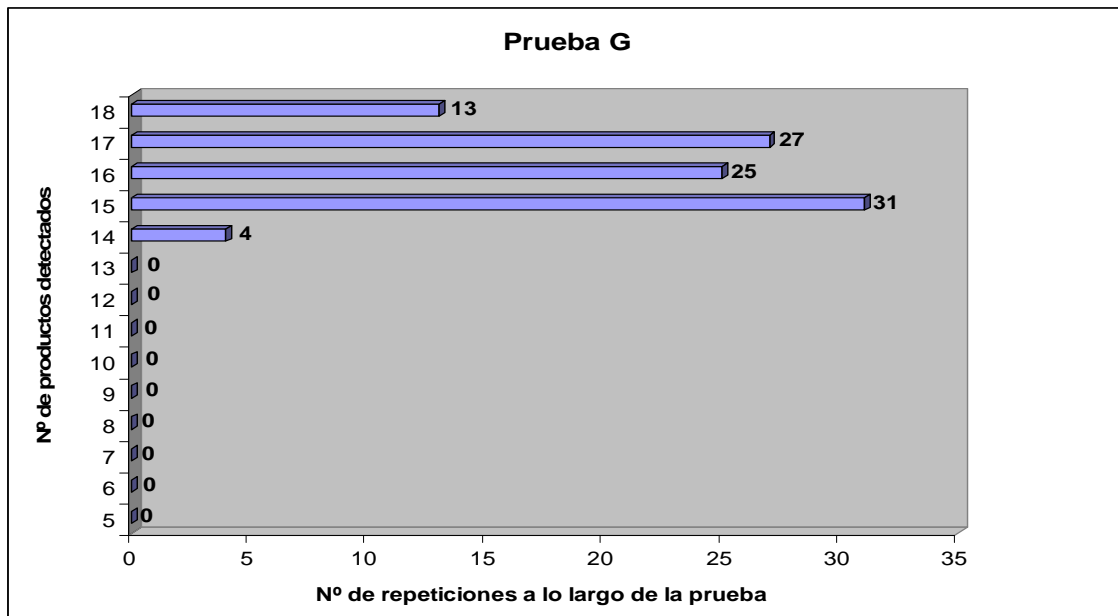


Fig. 2.13. Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba G.

2.7.5. Conclusiones

Esta prueba volvemos a utilizar una distribución de antenas compuesta por dos antenas (una en el lateral y otra en el frontal). Y de entrada los resultados obtenidos son los mejores entre todas las pruebas (89,67%), en la medida de 100 distribuciones aleatorias, rozando casi la eficiencia deseada de los 90%. También en la medida de 3 distribuciones fijadas, obtenemos unos resultados mejores al resto de las pruebas (95,93%), pero como ya hemos comentado con anterioridad tomaremos como eficiencia media de detección válida a la medida de 100 distribuciones, por ser más representativa para nuestra aplicación. También podemos observar en las gráficas que con esta distribución se pueden obtener una media de productos detectados entre 15 y 18 de un total de 18, nos encontraremos en unos porcentajes de entre el 83% y el 100% de eficiencia de detección, obteniendo los márgenes de eficiencia que hasta ahora hemos podido encontrar. Atribuimos que esta distribución aporte los mejores resultados entre todas las pruebas, a que el contar con las dos mejores posiciones de antenas y que por separado nos han dado una mayor eficiencia.

2.8. Prueba H

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tags se encuentra colocado en un producto real. La peculiaridad de esta prueba es que emplearemos una antena para equipar al carrito, que en este caso serán 2 antenas, de las cuales 1 de ellas es una

antena que en realidad es doble, es decir, que equivale a 2 antenas al contener 2 antenas en su interior iguales a las Matrics hasta ahora empleadas.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el apartado 1.4. de este anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes (estas distribuciones de productos no serán representadas ni tomadas como estándar como lo fueron las 3 distribuciones anteriores).

Además realizaremos un recuento de todos los productos no detectados a lo largo de las 100 medidas tomadas de la anterior prueba, para de esta manera poder sacar conclusiones sobre los productos que intentamos detectar y como influyen estos a los porcentajes de detección.

2.8.1. *Material utilizado*

Tabla 2.42. Material empleado para la prueba H.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(1)Matrics grande (1)Matrics pequeña
Cables de RF	(3)Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.8.2. *Descripción escenario*

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- La antena Matrics pequeña colocada en el frontal del carrito.
- Una antena Matrics grande colocada en la parte inferior del carrito.

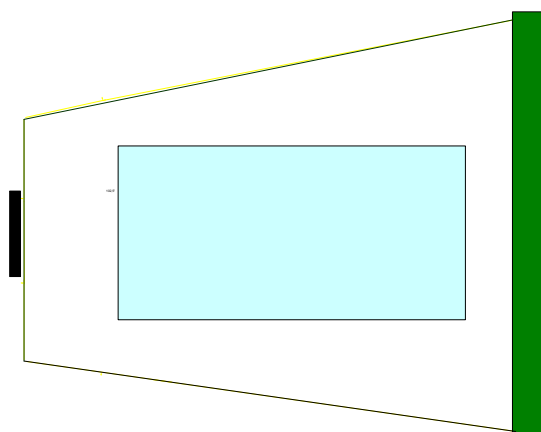


Fig. 2.14. Distribución de las antenas en la prueba H.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.8.3. Medidas

Tabla 2.43. Lectura 1ª distribución de productos prueba H.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		x
<i>Agua de Colonia</i>		x
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente Lavadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	10	2
PORCENTAGE (%)	83,33333333	16,66666667
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	83,33333333	

Tabla 2.44. Lectura 2ª distribución de productos prueba H.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		x
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente Lavadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	14	1
PORCENTAGE (%)	93,33333333	6,66666667
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		93,33333333

Tabla 2.45. Lectura 3ª distribución de productos prueba H.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Lavavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente Lavadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	18	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		100

Tabla 2.46. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba H.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	0
33,334	6	0
38,889	7	0
44,445	8	0
50	9	0
55,556	10	1
61,112	11	2
66,667	12	1
72,223	13	6
77,778	14	9
83,334	15	22
88,889	16	28
94,445	17	24
100	18	7

Promedio (%) 86,67

Tabla 2.47. Recuento de los productos no detectados en las mediciones de 100 distribuciones en la prueba H.

Nº de veces que no se detecta el producto	PRODUCTO
1	Galletas Clásicas
5	Macarrones
3	Aceite de Girasol
15	Lejía
22	Insecticida
6	Soluble de Cacao
23	Lavavajillas Coral
28	Latas de Schweppes Naranja
6	Tostadas de Pan Integral
4	Cereales Corn Flakes
16	Tetabrik de Leche
42	Bolsa de Patatas Chips
22	Agua de Colonia
3	Papel de cocina
9	Garrafa de agua
5	Detergente lavadora
10	Lata de Tomate frito
20	Suavizante

2.8.4. Resultados

Tabla 2.48. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	10	14	18
TOTAL NO	2	1	0
PORCENTAGE OK (%)	83,33333333	93,33333333	100
PORCENTAGE NO (%)	16,66666667	6,66666667	0
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	83,33333333	93,33333333	100

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	92,22222222
---	-------------

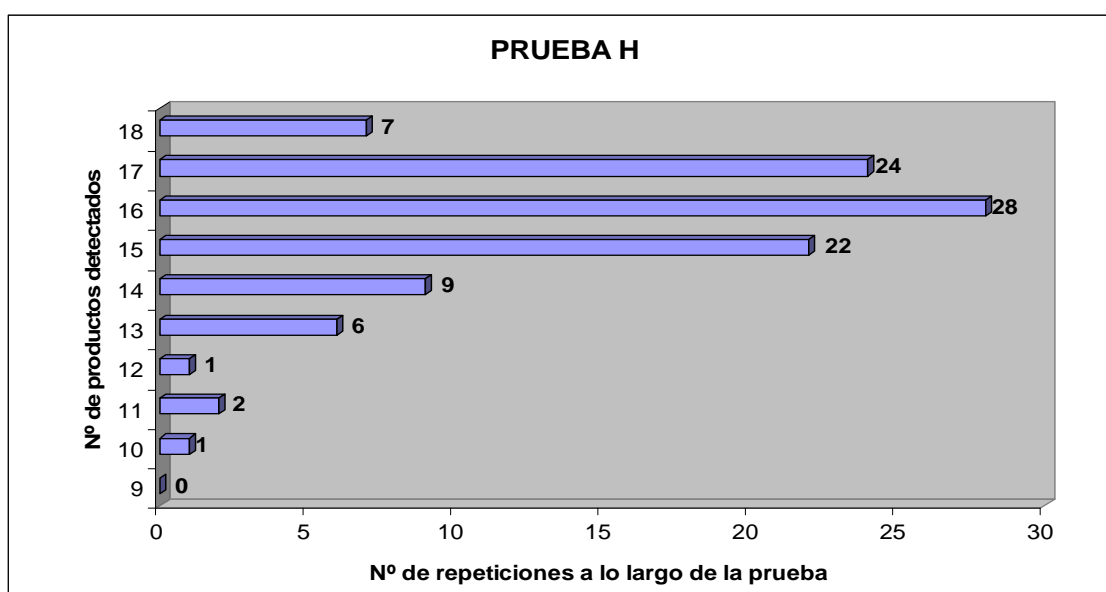


Fig. 2.15. Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba H.

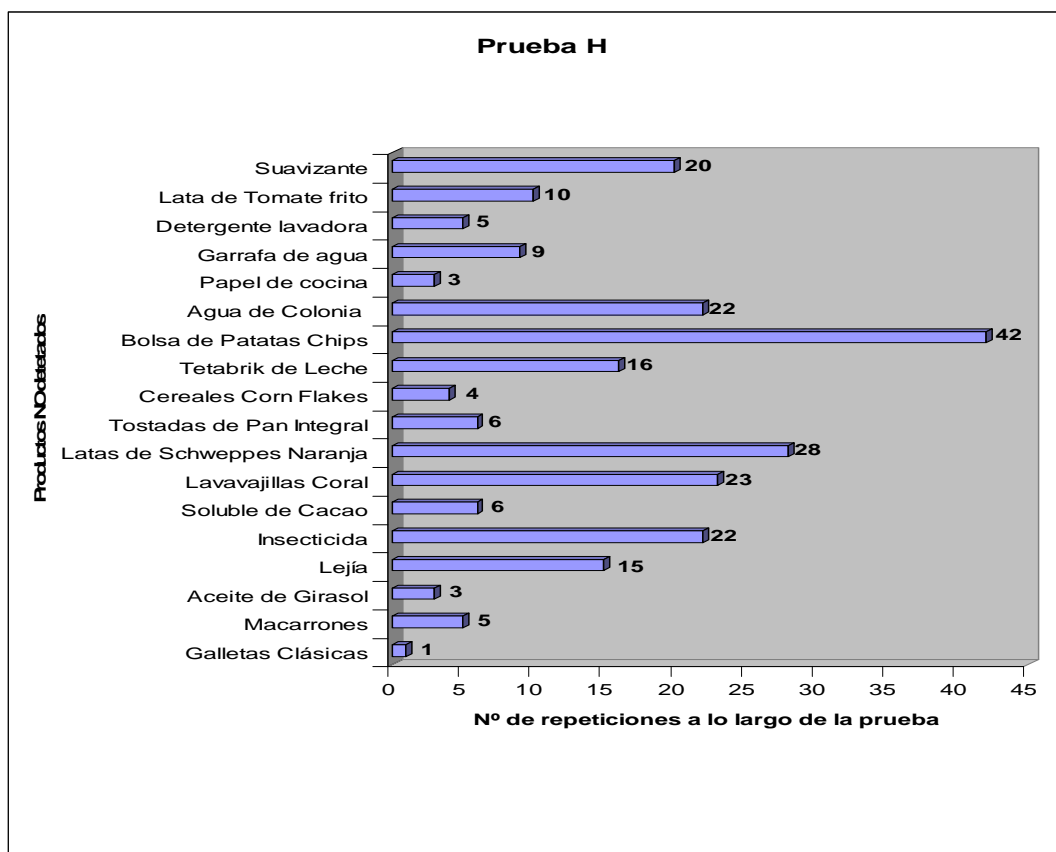


Fig. 2.16. Representación del nº de repeticiones de productos no detectados al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba H.

2.8.5. Conclusiones

En esta prueba utilizamos una distribución de antenas compuesta por dos antenas, que como ya hemos comentado equivalen a tres antenas de las utilizadas hasta ahora, la antena doble colocada en la parte inferior y la otra antena colocada en el frontal. Queremos saber que mejora obtenemos en relación a la prueba E, en la que colocábamos una antena en el frontal y otra en el lateral.

Los resultados obtenidos no son mejores que los obtenidos hasta ahora, con un 92,2% de eficiencia de detección en las medidas de las 3 distribuciones y con un 86,67% de promedio de eficiencia de detección en las medidas de las 100 distribuciones aleatorias, incluso son algo inferior a los resultados obtenidos a la prueba B (es debido a que las 100 distribuciones aleatorias no son las mismas en ninguna prueba), esto nos dice que junto a las pruebas E, F y G podemos englobar la prueba H en un conjunto de pruebas en las cuales obtenemos resultados muy semejantes, ya que obtenemos un mismo promedio de eficiencia de detección que oscila en un máximo de 3% arriba o abajo:

Tabla 2.50. Relación eficiencia de detección con su distribución de antenas.

PRUEBA	EFICIENCIA (%)	DISTRIBUCIÓN
E	87,39	1 debajo + 1 frontal
F	86,06	1 debajo + 1 lateral
G	89,67	1 lateral + 1 frontal
H	86,67	2 debajo +1 frontal

Por tanto otra conclusión que podemos extraer es que colocar otra antena más en la parte inferior no aporta mejoras en cuanto a eficiencia de detección se refiere.

Por otro lado podemos observar en la gráfica que el producto que menos veces hemos podido detectar ha sido la “Bolsa de Patatas Chips”, con 42 veces no detectadas, casi la mitad del número total de mediciones tomadas. Este producto provoca un efecto de reflexión sobre nuestra señal que hace al tag muchas veces indetectable, como a su vez a los tags de productos que se pueden encontrar muy próximos a este producto. También encontramos en los primeros puestos del “ranking” de productos con mayor número de veces no detectados, ha productos como el “Agua de Colonia”, “Lavavajillas Coral”, “Suavizante” o “Lejía”, productos que como ya sabemos provocan un efecto absorbente sobre nuestra señal de RF y productos como “Latas de Schweppes Naranja”, “Insecticida”, “Tetabrik” o “Lata de tomate frito” que provocan efectos de reflexión de nuestra señal y de desadaptación de la antena de nuestro tag.

Creemos que si algunos de estos productos fueran retirados de las pruebas, el promedio de eficiencia de detección aumentaría, ya que son productos que suelen influir negativamente sobre la detección del resto de productos.

2.9. Prueba I

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tags se encuentra colocado en un producto real. La peculiaridad de esta prueba es que emplearemos todas las antenas posibles que podamos equipar al carrito, que en este caso serán 4 antenas, de las cuales 3 son antenas que en realidad son dobles, es decir, que equivalen a 2 antenas al contener 2 antenas en su interior iguales a las Matrics hasta ahora empleadas.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el apartado 1.4. de este anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes (estas distribuciones de productos no serán representadas ni tomadas como estándar como lo fueron las 3 distribuciones anteriores).

Además realizaremos un recuento de todos los productos no detectados a lo largo de las 100 medidas tomadas de la anterior prueba, para de esta manera poder sacar conclusiones sobre los productos que intentamos detectar y como influyen estos a los porcentajes de detección.

2.9.1. *Material utilizado*

Tabla 2.51. Material empleado para la prueba I:

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(3)Matrics grandes (1)Matrics pequeña
Cables de RF	(7)Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.9.2. *Descripción escenario*

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- La antena Matrics pequeña colocada en el frontal del carrito.
- Una antena Matrics grande colocada en la parte inferior del carrito.
- Una antena Matrics grande colocada en el lateral izquierdo del carrito.
- Una antena Matrics grande colocada en el lateral derecho del carrito.

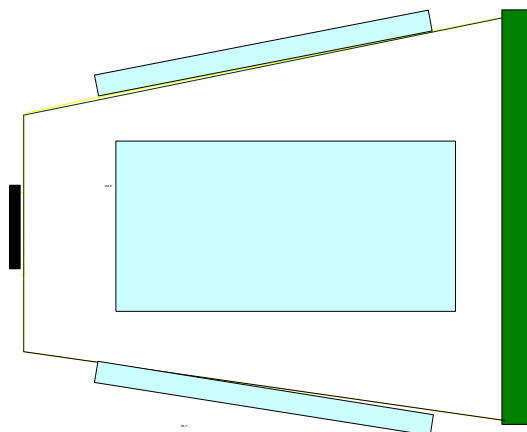


Fig. 2.16. Distribución de las antenas en la prueba I.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.9.3. Medidas

Tabla 2.52. Lectura 1ª distribución de productos prueba I.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	12	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	100	

Tabla 2.53. Lectura 1ª distribución de productos prueba I.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	15	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	100	

Tabla 2.54. Lectura 1ª distribución de productos prueba I.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>Labavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente labadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	18	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	100	

Tabla 2.55. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba I.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	0
33,334	6	0
38,889	7	0
44,445	8	0
50	9	0
55,556	10	0
61,112	11	0
66,667	12	0
72,223	13	0
77,778	14	0
83,334	15	2
88,889	16	12
94,445	17	32
100	18	54

Promedio (%) 96,56

Tabla 2.56. Recuento de los productos no detectados en las mediciones de 100 distribuciones en la prueba I.

Nº de veces que NO se detecta el producto	PRODUCTO
0	<i>Galletas Clásicas</i>
4	<i>Macarrones</i>
0	<i>Aceite de Girasol</i>
1	<i>Lejía</i>
3	<i>Insecticida</i>
0	<i>Soluble de Cacao</i>
5	<i>Lavavajillas Coral</i>
8	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>
3	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
1	<i>Cereales Corn Flakes</i>
4	<i>Tetabrik de Leche</i>
18	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
7	<i>Agua de Colonia</i>
2	<i>Papel de cocina</i>
1	<i>Garrafa de agua</i>
0	<i>Detergente lavadora</i>
0	<i>Lata de Tomate frito</i>
5	<i>Suavizante</i>

2.9.4. Resultados

Tabla 2.57. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	12	15	18
TOTAL NO	0	0	0
PORCENTAGE OK (%)	100	100	100
PORCENTAGE NO (%)	0	0	0
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	100	100	100

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	100
---	-----

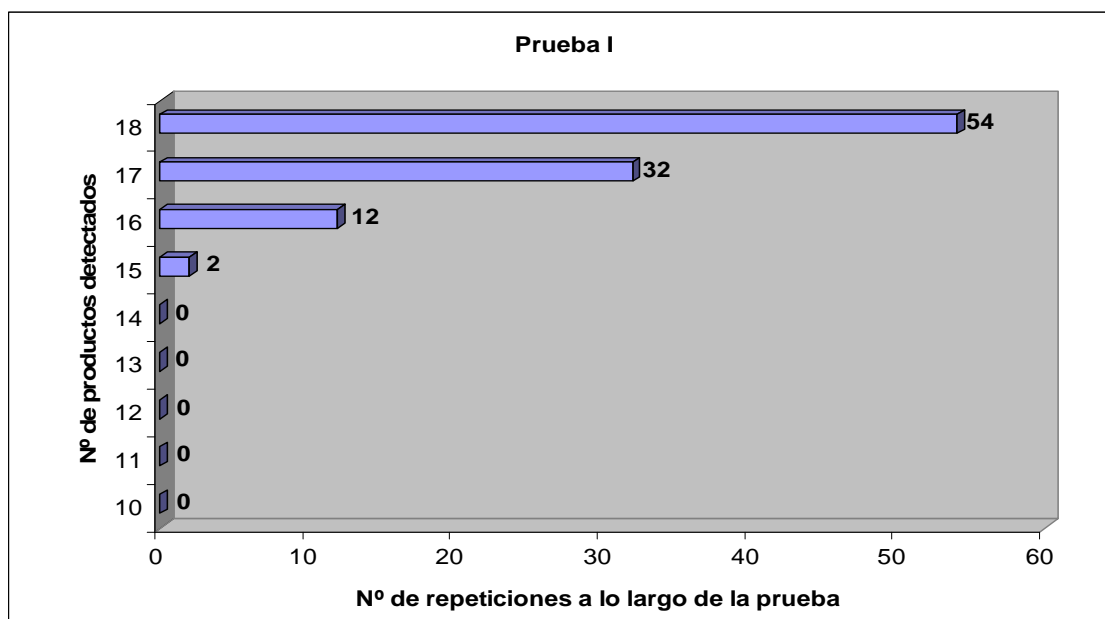


Fig. 2.17. Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba I.

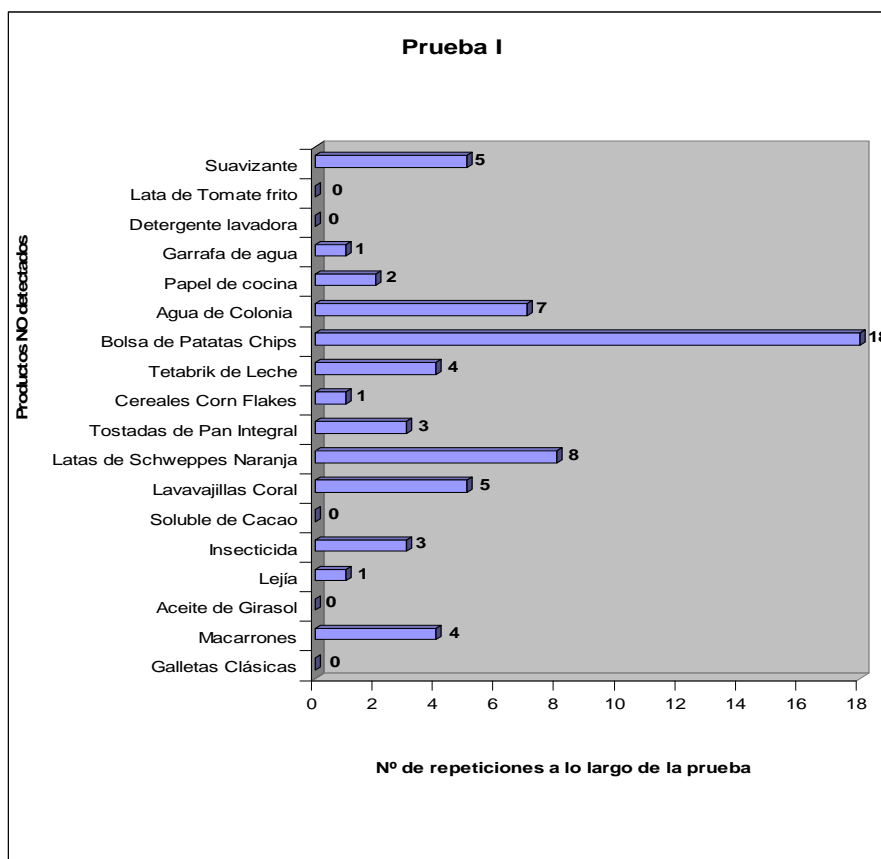


Fig. 2.18. Representación del nº de repeticiones de productos no detectados al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba I.

2.9.5. Conclusiones

En esta prueba utilizamos una distribución de antenas compuesta por cuatro antenas (las máximas con las que podemos equipar el carrito), que como ya hemos comentado equivalen a siete antenas de las utilizadas hasta ahora. Por tanto por lógica sabemos que nuestra eficiencia de detección será mayor a cualquiera de los resultados hasta ahora obtenidos, pero la intención es saber cuanto mayor será, ya que en estos momentos explotamos el 100% de los recursos que nos puede dar el carrito, y este dato nos dará una información valiosa a la hora de realizar nuestra implementación final, dado que sabremos que relación hay entre el número de antenas empleadas y la eficiencia de detección obtenida.

Los resultados obtenidos como ya esperábamos son los mejores hasta ahora, con un 100% de eficiencia de detección en las medidas de las 3 distribuciones y con un 96,56% de promedio de eficiencia de detección en las medidas de las 100 distribuciones aleatorias, esto nos dice que en media tan solo el 3,44% de los productos del carrito no sería detectado, podemos considerarlo un resultado bastante bueno, sabiendo además que de las 100 medidas tomadas 54 de

ellas han sido eficiencias del 100% (los hemos detectado todos) y 32 veces la eficiencia ha sido de un 94,45% (los hemos detectado todos menos uno). En comparación con las otras pruebas, donde la mayor eficiencia obtenida había sido en la prueba G con un 89,67% ahora tenemos un 96,56%, es decir, hemos reducido el error más de la mitad, en concreto un 66,69%. Más adelante, en otro apartado entraremos a valorar la relación entre el número de antenas utilizadas y la eficiencia obtenida.

Por otro lado podemos observar en la gráfica que el producto que con menos veces hemos podido detectar ha sido la “Bolsa de Patatas Chips”, con 18 veces no detectadas. Este producto provoca un efecto de reflexión sobre nuestra señal que hace al tag muchas veces indetectable, como a su vez a los tags de productos que se pueden encontrar muy próximos a este producto. También encontramos productos como el “Agua de Colonia”, “Lavavajillas Coral” o “Latas de Schweppes Naranja” como productos que cuestan detectarse, debido a los ya mencionados efectos de reflexión o efectos de absorción de estos productos. Creemos que si estos productos fueran retirados de las pruebas, el promedio de eficiencia de detección aumentaría, ya que son productos que suelen influir negativamente sobre la detección del resto de productos.

2.10. Prueba J

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tags se encuentra colocado en un producto real. En la prueba anterior empleábamos el mayor número de antenas posibles, es decir, 7 antenas. Esta prueba consistirá en reducir el número de antenas, de 7 a 5, y comprobar que los resultados obtenidos en esta prueba no varían sustancialmente de los resultados obtenidos en la prueba anterior (prueba I), este proceso se realiza debido a que se considera excesivo y muy caro el hecho de utilizar siete antenas. La distribución de las antenas será igual que en la anterior prueba, variando solo que en los laterales se colocaran tan solo una sola antena centrada en lugar de dos.

Se realizarán tres lecturas de tags, en las cuales habrá una distribución de productos en el interior del carrito, una distribución diferente para cada una de las tres lecturas, dichas distribuciones son las descritas en el apartado 1.4. de este anexo.

Para poder obtener una información más precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación y poder extraer después unas conclusiones estadísticas realizaremos el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes (estas distribuciones de productos no serán representadas ni tomadas como estándar como lo fueron las 3 distribuciones anteriores).

Además realizaremos un recuento de todos los productos no detectados a lo largo de las 100 medidas tomadas de la anterior prueba, para de esta manera

poder sacar conclusiones sobre los productos que intentamos detectar y como influyen estos a los porcentajes de detección.

2.10.1. Material utilizado

Tabla 2.58. Material empleado para la prueba J.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(1)Matrics grande (3)Matrics pequeña
Cables de RF	(5)Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612

2.10.2. Descripción escenario

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- La antena Matrics pequeña colocada en el frontal del carrito.
- Una antena Matrics grande colocada en la parte inferior del carrito.
- Una antena Matrics pequeña colocada en el lateral izquierdo del carrito.
- Una antena Matrics pequeña colocada en el lateral derecho del carrito.

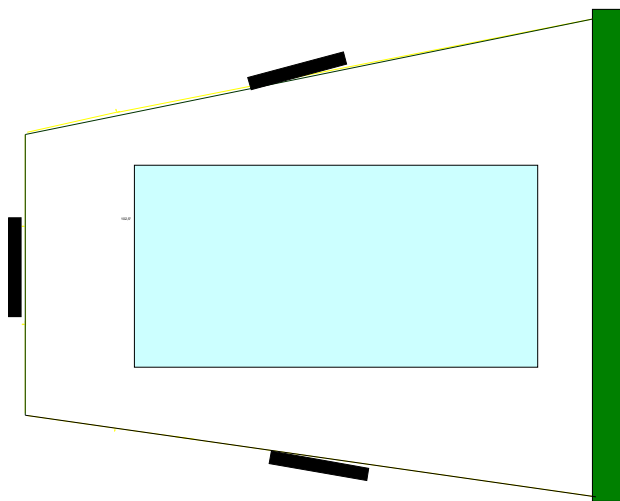


Fig. 2.19. Distribución de las antenas en la prueba J.

Durante las pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito de manera temporal mediante algún elemento cuyo material no sea metálico, como por ejemplo unas bridas de plástico o cordones de algodón. El lector RFID y la alimentación a este, no estarán incorporados al carrito en estas pruebas, así que el lector estará fijo en un lugar alimentado mediante la red eléctrica fija.

2.10.3. Medidas

Tabla 2.59. Lectura 1ª distribución de productos prueba J.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>		
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>lavavajillas Coral</i>		
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>		
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente lavadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>		
TOTAL	12	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)	100	

Tabla 2.60. Lectura 2ª distribución de productos prueba J.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>		
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>lavavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>		
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente lavadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>		
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	15	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		100

Tabla 2.61. Lectura 3ª distribución de productos prueba J.

PRODUCTO	TAG detectado	TAG NO detectado
<i>Galletas Clásicas</i>	x	
<i>Macarrones</i>	x	
<i>Aceite de Girasol</i>	x	
<i>Lejía</i>	x	
<i>Insecticida</i>	x	
<i>Soluble de Cacao</i>	x	
<i>lavavajillas Coral</i>	x	
<i>Latas de Schweppes Naranja</i>	x	
<i>Tostadas de Pan Integral</i>	x	
<i>Cereales Corn Flakes</i>	x	
<i>Tetabrik de Leche</i>	x	
<i>Bolsa de Patatas Chips</i>	x	
<i>Agua de Colonia</i>	x	
<i>Papel de cocina</i>	x	
<i>Garrafa de agua</i>	x	
<i>Detergente lavadora</i>	x	
<i>Lata de Tomate frito</i>	x	
<i>Suavizante</i>	x	
TOTAL	18	0
PORCENTAGE (%)	100	0
EFICIENCIA DE LA LECTURA(%)		100

Tabla 2.62. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba J.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	0
33,334	6	0
38,889	7	0
44,445	8	0
50	9	0
55,556	10	0
61,112	11	0
66,667	12	0
72,223	13	0
77,778	14	0
83,334	15	1
88,889	16	16
94,445	17	29
100	18	54

Promedio (%) 96,45

Tabla 2.63. Recuento de los productos no detectados en las mediciones de 100 distribuciones en la prueba J.

Nº de veces que no se detecta el producto	PRODUCTO
0	<i>Galletas Clásicas</i>
0	<i>Macarrones</i>
0	<i>Aceite de Girasol</i>
1	<i>Lejía</i>
3	<i>Insecticida</i>
0	<i>Soluble de Cacao</i>
0	<i>Lavavajillas Coral</i>
6	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>
2	<i>Tostadas de Pan Integral</i>
0	<i>Cereales Corn Flakes</i>
12	<i>Tetabrik de Leche</i>
24	<i>Bolsa de Patatas Chips</i>
8	<i>Agua de Colonia</i>
1	<i>Papel de cocina</i>
5	<i>Garrafa de agua</i>
0	<i>Detergente lavadora</i>
0	<i>Lata de Tomate frito</i>
2	<i>Suavizante</i>

2.10.4. Resultados

Tabla 2.64. Cálculo del promedio de la eficiencia de detección de las 3 distribuciones.

	1ª Lectura	2ª Lectura	3ª Lectura
TOTAL OK	12	15	18
TOTAL NO	0	0	0
PORCENTAGE OK (%)	100	100	100
PORCENTAGE NO (%)	0	0	0
EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	100	100	100

PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE DETECCIÓN(%)	100
---	-----

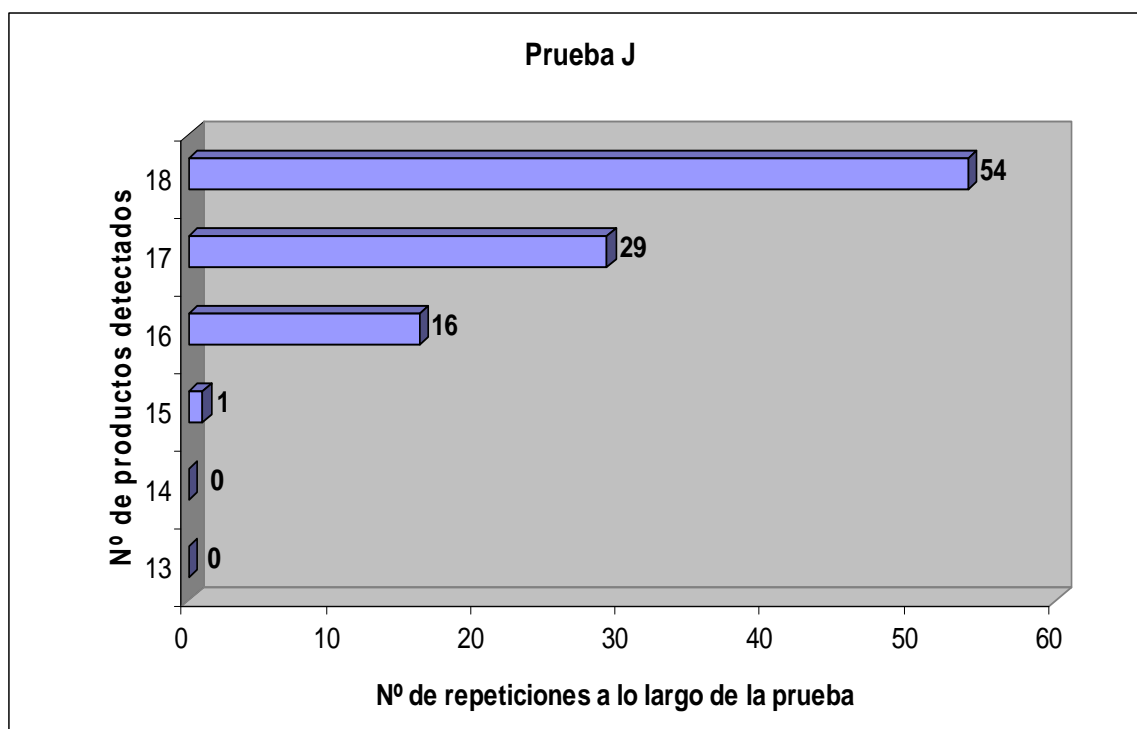


Fig. 2.20. Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba J.

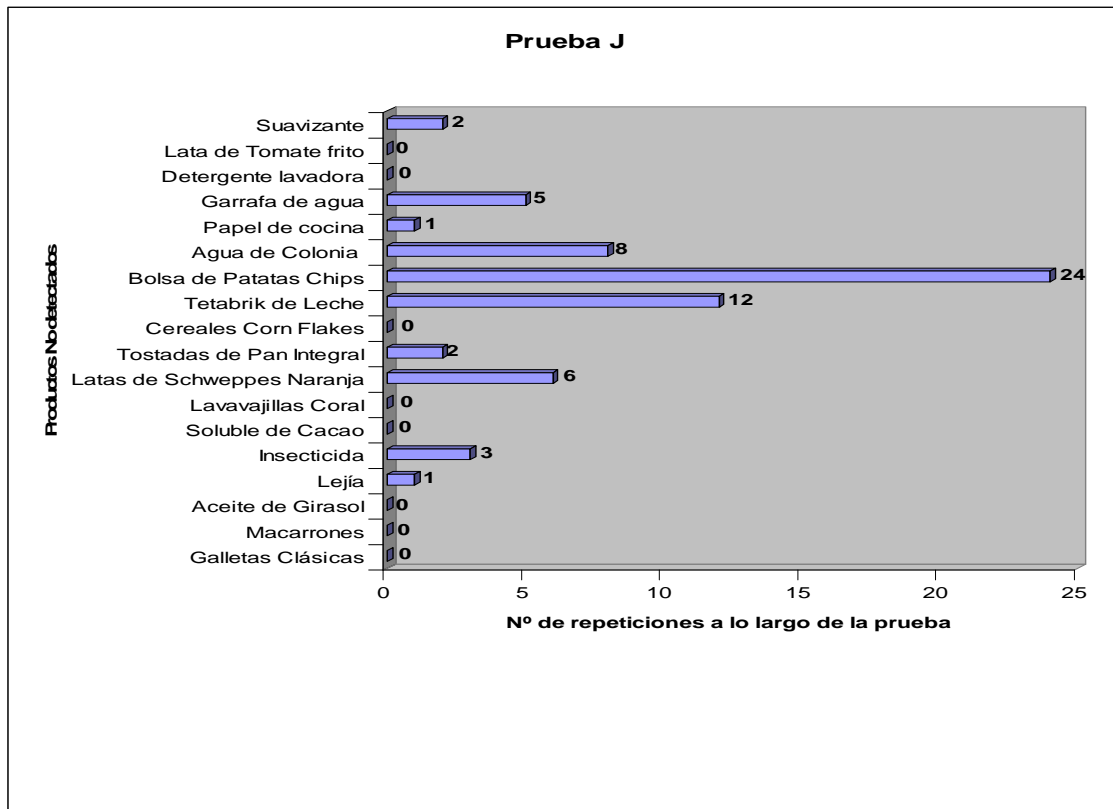


Fig. 2.21. Representación del nº de repeticiones de productos no detectados al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba J.

2.10.5. Conclusiones

En esta prueba utilizamos una distribución de antenas compuesta por 5 antenas (1 Matrics grande y 3 Matrics pequeñas), que como ya hemos comentado equivalen a cinco antenas de las utilizadas hasta ahora. Nuestro objetivo era el de comprobar que al reducir el número de antenas de 7 a 5 seguiríamos obteniendo resultados tan buenos como en la prueba I.

Al realizar las pertinentes mediciones que hemos seguido a lo largo de todas las pruebas comprobamos que la eficiencia de detección en las medidas de las 3 distribuciones es igual al de la prueba I, es decir, del 100%. Pero para verificar que podemos reducir el número de antenas a 5 deberemos comprobar la medición de las 100 distribuciones aleatorias introducidas en el carrito, que es la medida realmente representativa. Los resultados obtenidos en esta medición es de 96,45%, mientras que en las anteriores pruebas fueron del 96,56%. Podemos considerarnos muy satisfechos con esos resultados ya que nuestra eficiencia tan solo se reduce en un 0,11%, es decir, que prácticamente mantendremos nuestro margen de error quitando 2 antenas.

Observando con más detalle en las gráficas apreciamos que en más del 50% de las mediciones logramos detectar todos los productos, mientras que en un 29% de las veces tan solo no detectamos 1 producto y en un 16% de las veces no detectamos 2 productos. En el conjunto de las pruebas nuestra eficiencia no oscila entre el 88,88% y el 100% con una media del 96,45% como ya hemos mencionado con anterioridad. Consideremos estos resultados muy buenos, ya que a pesar del *handicap* de utilizar 2 antenas menos, son resultados muy semejantes a los obtenidos en la prueba I.

Por otro lado podemos observar en la gráfica que el producto que con menos veces hemos podido detectar ha sido la “Bolsa de Patatas Chips”, con 24 veces no detectadas. Este producto provoca un efecto de reflexión sobre nuestra señal que hace al tag muchas veces indetectable, como a su vez a los tags de productos que se pueden encontrar muy próximos a este producto. También encontramos productos como el “Agua de Colonia” o “Tetabrik” como productos que cuestan detectarse, debido a los ya mencionados efectos de reflexión o efectos de absorción de estos productos. Creemos que si estos productos fueran retirados de las pruebas, el promedio de eficiencia de detección aumentaría, ya que son productos que suelen influir negativamente sobre la detección del resto de productos.

3. Pruebas finales

La realización de estas pruebas ha sido llevada a cabo una vez finalizada la implementación del carrito. Primero explicaremos las pertinentes modificaciones en los productos, y después realizaremos la última prueba de detección.

3.1. Colocación estética de los tags en los productos

Una vez llegado a este punto deberemos colocar los tags de una manera más estética y que produzca menos impacto visual en el producto. Todo esto deberá hacerse de tal manera que los tags no pierdan capacidad de a la hora de ser detectados. Nos encontraremos en casos en los cuales no será posible mejorar la colocación estética, en estos casos deberemos probar con la utilización de otro modelo de tag, o como último recurso con la sustitución de dicho producto por otro producto similar y que pueda actuar como sustituto.

Todos los productos han podido ser ocultados sin problemas exceptuando 4 casos: “Lavavajillas Coral”, “Tetabrik de Leche”, “Latas de tomate frito” y “Bolsa de patatas fritas”.

La manera de proceder será la descrita al principio de este punto 3.1, intentar utilizar otro modelo de tag o sustituir el producto por otro similar.

Empezamos con el “Lavavajillas Coral”, en el cual colocamos el tag pegado en uno de los laterales, con la peculiaridad de que colocamos entre el producto y el tag un trozo de plástico enrollado para que realice la función de separar la superficie del tag del producto.



Fig. 3.1 Nueva colocación del tag al producto “Lavavajillas Coral”.

Con los casos de los productos “Tetrabrik de Leche”, “Latas de tomate frito” y “Bolsa de patatas fritas” deberemos sustituir los productos por otros similares. La sustitución de dichos productos se realizará de la siguiente manera:

- ❖ “Tetrabrik de Leche” → “Leche”
- ❖ “Latas de tomate frito” → “Atún”
- ❖ “Bolsa de patatas fritas” → “Bolsa de ganchitos”

Tabla 3.1. Nuevos productos sustitutos de los antiguos.



Para la colocación de los tags en estos nuevos productos, utilizamos un modelo diferente de tag, en concreto uno de la casa Rafsec, de un tamaño inferior que los hasta ahora utilizados, que serán más fáciles de ocultar.



Fig. 3.2 Tag de la casa Rafsec.

En la “Botella de leche” está oculto enrollado al tapón por la parte interior, mientras que en la “Lata de atún” se oculta en el interior de la caja de cartón, colocando una esponja entre la lata y el tag para que actúe de aislante. En la “Bolsa de ganchitos” esta oculto detrás de la banda de plástico, en este caso también colocaremos un trozo de esponja entre la bolsa de aluminio y el tag para que realice la función de aislante.

3.2. Prueba K

Las pruebas consisten en realizar pruebas de detección de tarjetas RFID en un carrito, donde cada tags se encuentra colocado en un producto real. La peculiaridad de esta prueba es que hemos realizado unas modificaciones significativas respecto al resto de pruebas realizadas con anterioridad, las modificaciones son las siguientes:

- 1) Colocación estética de los tags en los productos, con lo ello conlleva.
- 2) Cables más cortos hechos a medida.
- 3) Todo el equipo de la aplicación montado en el carrito.
- 4) Antenas Poynting A0003-02 trabajando con lector Symbol.

Para poder obtener información precisa y exacta sobre la capacidad de detección de esta aplicación, y extraer posteriormente conclusiones estadísticas, se realizará el promedio de detección de los productos al introducirlos 100 veces de manera aleatoria y crear así 100 distribuciones de productos diferentes .

Además realizaremos un recuento de todos los productos no detectados a lo largo de las 100 medidas tomadas de la anterior prueba, para de esta manera poder sacar conclusiones sobre los productos que intentamos detectar y como influyen estos a los porcentajes de detección.

3.2.1. Material utilizado

Tabla 3.2. Material empleado para la prueba K.

Lector RFID	Symbol XR400
Antena RFID	(5)Poynting A0003-02
Cables de RF	(5)Cables Amphemol RF
Tags	Avery Dennison 612 y Rafsec

3.2.2. Descripción escenario

El equipo de RFID y el material de las pruebas tienen la siguiente distribución:

- Una antena colocada en cada lateral del carrito.
- Una antena colocada en el frontal del carrito.
- Dos antenas colocadas en la parte inferior del carrito.

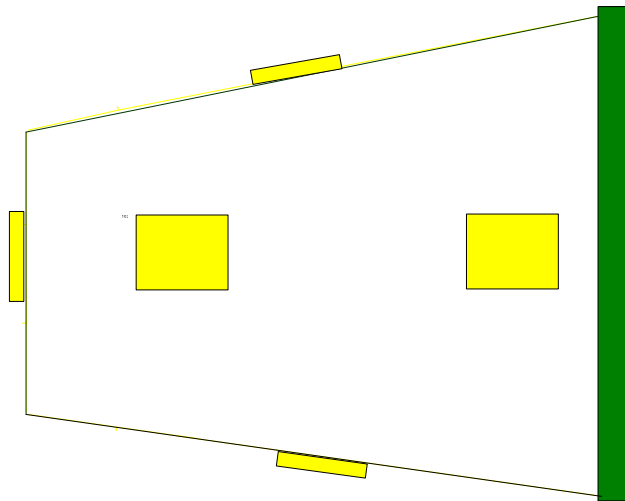


Fig. 3.3 Distribución de la antena en la prueba K.

Durante estas pruebas las antenas tendrán una sujeción al carrito mediante el encapsulado de plástico diseñado a medida. El lector RFID y la alimentación a este, estarán incorporados al carrito.

3.2.3. Medidas

Tabla 3.3. Cálculo total del promedio de eficiencia de detección introduciendo 100 distribuciones aleatorias en la prueba K.

Eficiencia (%)	Nº Productos detectados	Nº de veces que se repiten a lo largo de la prueba
27,778	5	0
33,334	6	0
38,889	7	0
44,445	8	0
50	9	0
55,556	10	0
61,112	11	0
66,667	12	0
72,223	13	0
77,778	14	0
83,334	15	4
88,889	16	26
94,445	17	34
100	18	36

Promedio (%) 94,56

Tabla 3.4. Recuento de los productos no detectados en las mediciones de 100 distribuciones en la prueba K.

Nº de veces que no se detecta el producto	PRODUCTO
8	<i>Insecticida</i>
2	<i>Detergente lavadora</i>
6	<i>Latas de Schweppes Naranja</i>
0	<i>Soluble de Cacao</i>
2	<i>Agua de Colonia</i>
8	<i>Macarrones</i>
2	<i>Detergente lavadora</i>
4	<i>Lejía</i>
0	<i>Galletas Clásicas</i>
0	<i>Aceite de Girasol</i>
0	<i>Papel de cocina</i>
4	<i>Garrafa de agua</i>
0	<i>Cereales Corn Flakes</i>
14	<i>Lavavajillas Coral</i>
4	<i>Tostadas de Pan integral</i>
2	<i>Leche</i>
28	<i>Bolsa de ganchitos</i>
12	<i>Atún</i>

3.2.4. Resultados

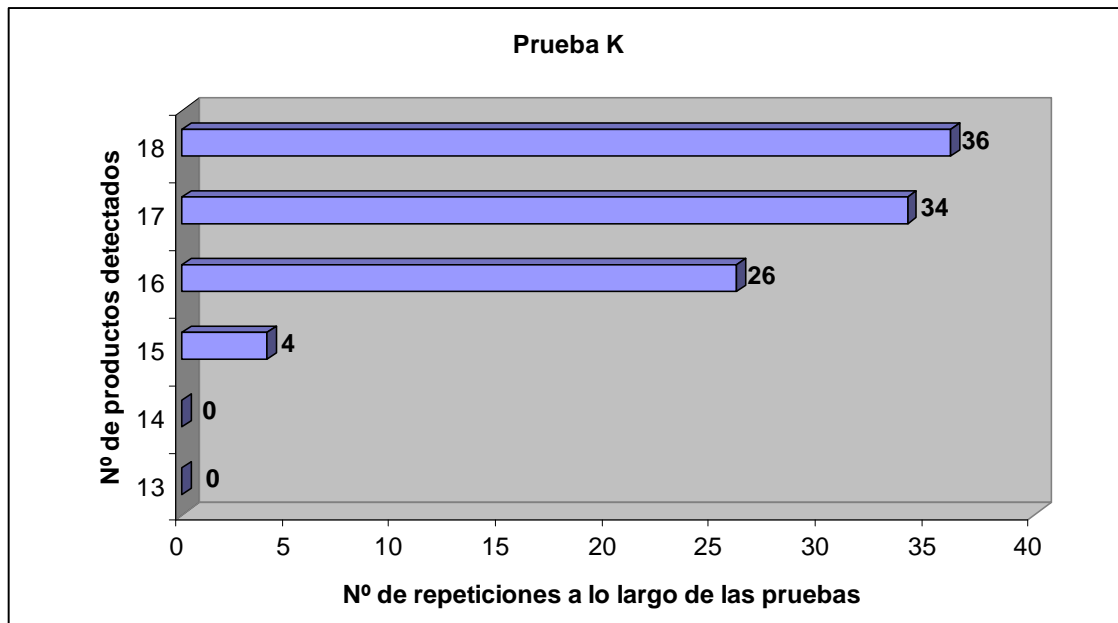


Fig. 3.4 Representación del nº de repeticiones al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba K.

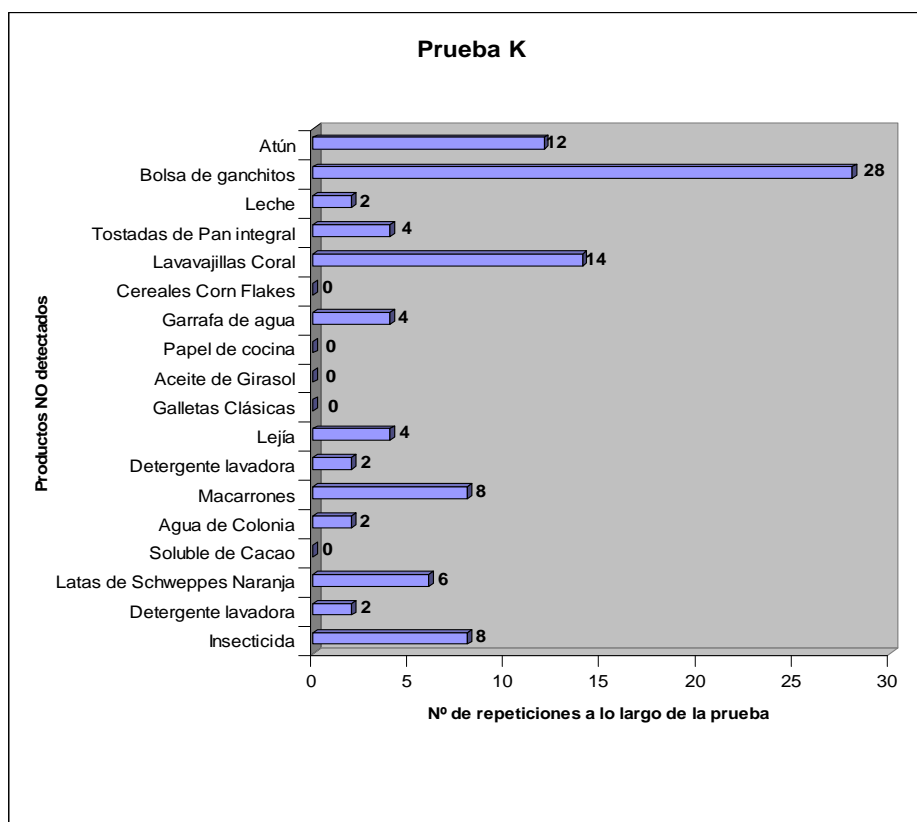


Fig. 3.5 Representación del nº de repeticiones de productos no detectados al introducir 100 distribuciones de productos aleatorias en la prueba K.

3.2.5. Conclusiones

En esta prueba se utiliza una distribución de antenas compuesta por 5 antenas Poynting A0003-02 modificadas, además de cables de RF de 1 metro de longitud. El objetivo era comprobar que los resultados son muy parecidos a los obtenidos en la prueba J, y que se consideraban los idóneos en comparación al resto de pruebas.

Al realizar las pertinentes mediciones seguidas a lo largo de todas las pruebas, se comprueba que la eficiencia de detección en las medidas de las 100 distribuciones aleatorias introducidas en el carrito es de 94,56%, mientras que en la prueba J fueron del 96,45%. Se pueden considerar unos resultados satisfactorios ya que el promedio de eficiencia tan solo se reduce en un 1,89%, es decir, que no incrementamos de manera notoria el error aún a pesar de realizar varias modificaciones en el carrito.

Observando con más detalle en las gráficas se aprecia que en el 70% de las mediciones se logra detectar al menos 17 productos sobre 18 posibles, mientras que en un 36% se detectan todos los productos. En el conjunto de las pruebas, el grueso de las mediciones obtiene una eficiencia que oscila entre el 88,88% y el 100%, con una media del 94,56% como ya se ha mencionado con anterioridad.

Por otro lado se observa en la gráfica que el producto que menos veces se ha podido detectar ha sido la “Bolsa de Ganchitos”, con 28 veces no detectadas. Este producto provoca un efecto de reflexión sobre la señal que hace al tag muchas veces indetectable, como a su vez a los tags de productos que se pueden encontrar muy próximos a este producto. También se encuentran productos como “Lavavajillas Coral” o “Atún”, de difícil detección, debido a los ya mencionados efectos de reflexión o efectos de absorción de estos productos.

Como se puede observar, el realizar una colocación estética de los tags en los productos no ha sido perjudicial para la detección de los mismos, ya que los productos que eran conflictivos lo siguen siendo. Los productos sustitutos como la “Bolsa de Ganchitos” o “Atún” realizan un papel similar a la de predecesores. Tan solo la “Botella de Leche” mejora el promedio de detección de su producto sustituido (“Tetrabrick de Leche”).

Por otro lado, se considera que con la modificación de las antenas y cables de RF, no alteramos demasiado los resultados obtenidos en la prueba J, aunque si cabe decir que son algo inferiores.

ANEXO C. DETALLES SOBRE RFID

1. Historia y evolución de la tecnología RFID

Todo empezó durante la Segunda Guerra Mundial con la necesidad del ejército británico de distinguir entre sus propios aviones y los de sus enemigos, fue entonces cuando se creó el primer sistema radar, y basándose en la teoría de esta tecnología y enfocándolo desde un punto de vista diferente nació el RFID. La primera utilización comercial que se le dio al RFID fue a finales de los años 70 en Europa, donde en algunos lugares se comenzaban a marcar al ganado con etiquetas.

En los años 80 el RFID encontró en el sector de los ferrocarriles un gran aliado, ya que después de probar sin éxito con código de barras, el RFID mostró muchas de sus cualidades, al permitir realizar detecciones a distancia de las mercancías de los ferrocarriles que pasaban en marcha, resistiendo a las diferentes condiciones climatológicas a las que se exponía, especialmente la luz del sol, que causó problemas importantes para los sistemas de iluminación de lectura con códigos de barras.

El RFID apareció en el sector industrial, hace más de 20 años, utilizándose en cadenas de producción y ensamblaje en sectores como automoción (cuyo precursor fue Ford).

Pero es ahora desde finales de los 90 cuando se está hablando de un modo más difundido sobre este tipo de identificación, gracias en gran parte a la aparición de normativas de obligado cumplimiento en cuanto a Trazabilidad Global de producto (*la trazabilidad es la capacidad de identificar y proveer información acerca del origen y la historia procesada de un ítem determinado*).

Cabe recalcar que asociaciones de estándares internacionales como EAN Internacional (European Article Numbering)/UCC (Uniform Code Council), fundadas en Europa en el 1974 y que a día de hoy la forman 101 países extendidos por todo el mundo, tienen como función principal crear estándares internacionales que faciliten y hagan más eficientes los negocios internacionales para las industrias de productos de consumo. Y desde principios del 2000 llevan realizando un proyecto global EAN*UCC (GTAG), con la idea de tener estándares para RFID que permitan a las etiquetas ser aplicadas a las mercancías para que éstas sean identificables en cualquier país y sector industrial, para cualquier uso, y conseguir así una reducción de costes.

Esto es una razón más para afirmar que la RFID es una tecnología con mucho futuro. La evolución hacia una madurez de las soluciones RFID en estos últimos 3 años y la aspiración a convertirse en los próximos años en una “tecnología de masas”, se debe en gran parte a dos factores: el ya mencionado esfuerzo en la aparición de estándares internacionales y un ROI (Return Of Investment) favorable. Podemos tomar como ejemplo lo ocurrido con la

aparición del código de barras que presentaba los mismos dos factores, y empezó su uso masivo a partir de los años 70 con la creación de los estándares UPC (Universal Product Code) y EAN (European Article Number), después de ya haber sido adoptado en los años 50 por Toyota.

Los esfuerzos en estos últimos años tanto de grandes industrias privadas (Texas Instruments y Philips entre otras) como de organismos públicos, la adopción de frecuencias en común y la creación de estándares legales y tecnológicos a nivel internacional, aceleran el proceso de llevar la tecnología RFID hacia el ya mencionado objetivo de convertirlo en una “tecnología de masas”.

El hecho de la aparición de estos estándares internacionales hace al RFID cada vez más apetecible para muchas empresas, que ahora pueden utilizar dicha tecnología a lo largo de toda su cadena de suministro y agilizar, facilitar y mejorar todo el diseño logístico de la empresa. Es algo que no ocurría anteriormente donde la falta de un estándar internacional limitaba las posibles mejoras que podía aportar el uso de RFID en el área logística de una empresa. Cabe resaltar ejemplos de empresas como Wal-Mart, Gillete Company, Benetton o Correos que han anunciado la realización de grandes proyectos de RFID.

Por otro lado la empresa de estudios de mercado Allied Business Intelligence (ABI), calcula que el mercado global para chips de los tags RFID alcanzará 3.100 millones de dólares en 2008. Es otra señal de la inevitable evolución del RFID hacia una tecnología de masas.

En temas económicos, la capacidad de RFID para obtener un retorno de la inversión económica favorable (ROI), es la responsable de algunos replanteamientos de grandes empresas interesadas en la utilización de la RFID. A día de hoy el coste de un tag es muy variable, ya que los precios de pueden llegar a reducirse considerablemente dependiendo del número de tags que se compren, aun así, en la actualidad posiblemente es más costoso un tag en comparación con un *barcode*., aunque se prevé que en los próximos 5 años su precio se reduzca al coste de unos 5 céntimos de dólar.

Pero no se debe caer en el error de comparar un tag con un *barcode*, ya que además de cambiar la filosofía de los sistemas de captación y Trazabilidad, las posibilidades que nos ofrece el RFID son enormemente más amplias que el código de barras, incluso nos permite su uso en lugares, situaciones o ambientes donde no es posible el uso del código de barras, como por ejemplo (resistir a altas temperaturas, insertarlos en tornillos o bloques de hormigón, etc..), todo esto gracias a la posibilidad de poder encapsular los tags con diferentes materiales. El precio del tag encapsulado en la actualidad puede llegar a ser de decenas de dólares.

Recientemente la tecnología RFID basada en la frecuencia UHF (869MHz en Europa y 915MHz en EEUU), ha sido aclamada como la mejor banda frecuencial teórica para la gestión de la cadena de distribución en la logística, en parte debido a la iniciativa del ya mencionado proyecto GTAG y al mandato

de Wal-mart de obligar a sus cien mayores proveedores a etiquetar los productos entregados con etiquetas de autoidentificación. Este tipo de etiquetas ofrecen las mejores prestaciones de lecturas a largas distancias de todas las bandas frecuenciales (varios metros o decenas de metros según el país), convirtiéndose en las mayores candidatas a ocupar un lugar en las operaciones de la cadena de suministro.

Las expectativas que han causado las apariciones de estas nuevas frecuencias han motivado que los grandes fabricantes de componentes de identificación realicen de manera masiva el desarrollo de etiquetas, lectores y antenas. Las principales empresas que actualmente trabajan con las etiquetas UHF son:

- Trolley Scan
- Alien Technology (Wave ID)
- Rafsec
- SCS
- Texas Instruments
- Avery Dennison
- Bistar

Otras empresas como Samsys que se dedica principalmente al desarrollo de lectores RFID, o Aida Centre, empresa española que se dedica al desarrollo, implementación y mantenimiento de proyectos basados en sistemas RFID, han incrementado estos 2 últimos años su demanda. Se prevé pues un rápido crecimiento de empresas que trabajen con RFID en la banda de UHF.

También podemos encontrar una clara evidencia de la expansión y del futuro establecimiento de la tecnología RFID en el mercado mundial, mirando los acontecimientos ocurridos en la empresa Symbol, líder destacada en el sector de la identificación por código de barras, que ha enfocado sus nuevas vías de estrategia hacia el desarrollo y fabricación de lectores RFID, además de la reciente adquisición de la empresa Matrics, la cual se dedica al desarrollo y fabricación de antenas de RFID.

Se puede afirmar que la tecnología RFID esta en una primera etapa de difusión masiva y hará falta algo tiempo para que se reafirme como “tecnología dominante” en el sector de la identificación de productos. Pero también podemos afirmar que la tecnología RFID ha llegado prácticamente a su madurez y permite obtener resultados que justifican las inversiones a realizar.

2. Frecuencias de interés

Los sistemas RFID producen una radiación electromagnética como muchos otros sistemas de comunicación (televisión, radio, wifi, bluetooth, telefonía, etc.) por ello deben operar en rangos permitidos. Este tipo de sistemas suelen trabajar en:

- Frecuencia baja (LF): 0-135KHz.
- Frecuencia media (HF, trabajan en ISM): 6.78MHz 13.56MHz, 27.125MHz.
- Frecuencia alta (VHF): 40.68MHz.
- Frecuencia muy alta (UHF): 433.92MHz, 869.0MHz, 915.0MHz (por reconocer en Europa), 2.45GHz, 5.8GHz y 24.125GHz.

De las diferentes bandas de RF se destacan tres frecuencias que han despertado un mayor interés para el uso de RFID:

1. 125-134KHz (LF)
2. 13.56MHz (HF)
3. 915MHz (UHF)

En este proyecto como ya hemos mencionado antes se trabajará en la banda UHF.

En la figura 2.1 podremos observar un reparto esquemático del espectro frecuencial, y remarcar sobre todo aquellas bandas para las cuales el uso de RFID es más interesante.

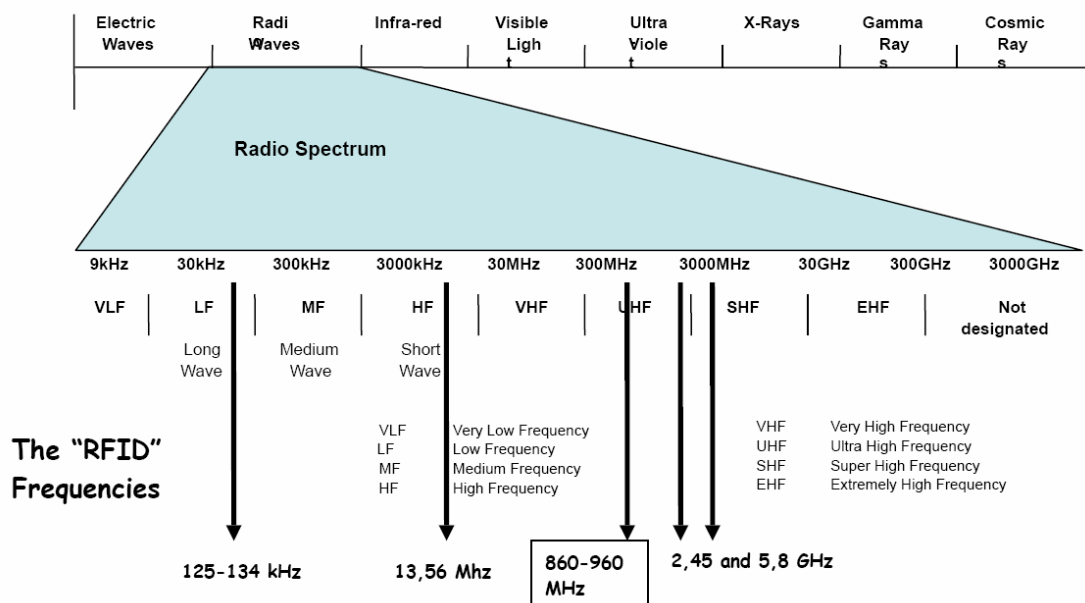


Fig. 2.1 Frecuencias de interés en RFID.

3. Diferencias entre LF / HF / UHF / Microondas

Como se puede ver en la siguiente tabla, cada banda tiene diferentes características para el uso de RFID:

Tabla 2.1 Características de las diferentes bandas de RFID.

	LF	HF	UHF	Microondas
Banda de frecuencias	30-300 KHz	3-30 MHz	300-3000 MHz	>1 GHz
Frecuencias RFID	125 y 134 KHz	13,56 MHz	915 MHz (EEUU) 869MHz(UE)	2,4 GHz y 5,8 GHz
Madurez tecnológica	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA*
Madurez en estándares	ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA
Sensibilidad a humedad	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTA
Sensibilidad a metales	MEDIA	ALTA	MEDIA	MEDIA
Interferencias del entorno	ALTA	MEDIA	BAJA	MEDIA
Rango lectura máximo	2 m	1 m	100 m**	300 m**
Rango lectura típico	1 a 1,5 m	1 a 70 cm	1 a 5 m	a 10 m
Velocidad de Tx de datos	1 a 10 Kbps	1 a 50 Kbps	1 a 160 Kbps	1 a 10 Mbps
Tamaño antenas	GRANDE	GRANDE	PEQUEÑO	PEQUEÑO
Lectura direccional	NO	NO	SI	SI
Precio etiqueta	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO
Disponibilidad de equipos	BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA
Complejidad de los equipos	BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA

*En aplicaciones de tráfico **Utilizando antenas de grandes dimensiones

En este proyecto trabajaremos en la banda UHF, que es la banda más novedosa en la utilización de RFID y en la que tiene un mayor margen de expansión para los próximos años, debido a que las etiquetas que operan en la banda de UHF ofrecen unas prestaciones inigualables destacando en las distancias de lectura conseguidas y velocidad de transmisión respecto a bandas inferiores y en el económico precio por etiqueta. Además, esta frecuencia presenta las siguientes ventajas:

- Antenas de interrogación pequeñas en comparación a las de bandas inferiores.
- La antena necesaria para el tag es más pequeña que las de bajas frecuencias.
- Presenta menos problemas de atenuación con el agua, lluvia, niebla, personas, como pudiese ocurrir en la banda de 2,45GHz.

Algunas antenas de los tags en UHF responden mejor al ser aplicadas en diferentes tipos de materiales, en comparación a antenas de otras bandas frecuenciales.

4. Estándares

En el comienzo del uso de RFID no había ninguna corporación pública global que gobernase las frecuencias de trabajo de RFID, y cada país podía establecer libremente sus propias normativas. Las siguientes corporaciones eran las que gobernaban la asignación de dichas normativas:

- Estados Unidos: FCC (Federal Communications Commission).
- Canadá: DOC (Departamento de la Comunicación).
- Europa: ERO, CEPT, ETSI y administraciones nacionales.
- Japón: MPHPT (Ministry of Public Management, Home Affairs, Post and Telecommunication).
- China: Ministerio de la Industria de Información
- Australia: Autoridad Australiana de la Comunicación (Australian Communication Authority)
- Nueva Zelanda: Ministerio de desarrollo económico de Nueva Zelanda (New Zealand Ministry of Economic Development).

A partir del establecimiento de estas normas y cumplimientos básicos según la zona, cada proveedor creaba estándares de funcionamiento para sus productos que se adecuasen de la mejor manera posible a las necesidades de sus clientes. Esta poca estructuración había derivado hacia una falta de estandarización que reducía el abasto o cobertura de la red a un ambiente local, frenando una adopción a nivel internacional de la tecnología. Muchas aplicaciones requieren la interacción de varios proveedores y distintos sistemas RFID en diferentes regiones. Esta es la razón por la cual en estos últimos años, se ha intentado homogeneizar las soluciones mediante especificaciones concretas que llevaran a una estandarización de los sistemas. A continuación mostraremos un esquema con los estándares más importantes que se han propuesto hasta ahora:

⇒ EAN.UCC

⇒ ISO/IEC JT1/SC17 $\left\{ \begin{array}{l} \circ \text{ISO/IEC 10536} \\ \circ \text{ISO/IEC 14443} \\ \circ \text{ISO/IEC 15693} \end{array} \right.$

⇒ ISO/IEC JT1/SC31/WG4 $\left\{ \begin{array}{l} \circ \text{ISO/IEC 15961} \\ \circ \text{ISO/IEC 15962} \\ \circ \text{ISO/IEC 15963} \\ \circ \text{ISO/IEC 18000} \end{array} \right.$

⇒ ISO/IEC JT1/SC31/WG3 $\left\{ \begin{array}{l} \circ \text{ISO/IEC 18046} \\ \circ \text{ISO/IEC 18047} \end{array} \right.$

⇒ EPC Gen 2

4.1. EAN.UCC

La iniciativa **GTAG** (Global Tag) fue lanzada junto con el EAN Internacional y el UCC (Uniform Code Council) en el año 2000. GTAG fue diseñado para estandarizar los estándares RFID basados en requisitos específicos de negocios identificados, permitiendo soluciones a corto plazo. Estos estándares cubrían la tecnología RFID y el formato de los datos, basado en EAN.UCC, con el objetivo de comprender y adaptarse lo mejor posible a las necesidades de los negocios.

4.2. ISO/IEC JT1/SC17

La Organización Internacional de Estándares (ISO) y la Comisión Internacional de Electrónica (IEC) trabajaron conjuntamente para establecer la identificación de tarjetas de identificación y otros dispositivos. Esta actividad fue llevada a cabo por JT1/SC17 (Joint Technical Committee 1, Sub-Committee 17), de los cuales surgieron los estándares 10536, 14443 y 15693.

4.2.1. ISO/IEC 10536

Estándar para las tarjetas de identificación sin contacto, que describe los parámetros de la proximidad de acoplo entre el lector y etiqueta, con alcances típicos de 7-15cm, utilizando RFID a 13,56MHz. Este estándar está dividido en cuatro partes:

1. Características físicas.
2. Dimensiones y posiciones específicas del acoplo.
3. Señales electrónicas y protocolos de reset.
4. Protocolos de respuesta.

4.2.2. ISO/IEC 14443

Estándar para las tarjetas de identificación de proximidad, que describe los parámetros de la proximidad de acoplo para tarjetas inteligentes o *smart cards*, con alcances típicos de 7-15cm, utilizando RFID a 13,56MHz. Este estándar está dividido en cuatro partes:

5. Características físicas.
6. Potencia y señales de RF.
7. Inicialización y anticolidión.
8. Protocolos de transmisión.

4.2.3. *ISO/IEC 15693*

Estándar para las tarjetas de vecinidad, que describe los parámetros para el acoplo de vecinidad en tarjetas de identificación, con alcances típicos de 1m, utilizando RFID a 13,56MHz. Este estándar está dividido en cuatro partes:

9. Características físicas.
10. Interficie Aérea.
11. Protocolos de transmisión y anticolisión.
12. Protocolos de respuesta y seguridad.

4.3. **ISO/IEC JT1/SC31/WG4**

La Organización Internacional de Estándares (ISO) y la Comisión Internacional de Electrónica (IEC) trabajaron conjuntamente para establecer la identificación de tarjetas de identificación y otros dispositivos. Esta actividad fue llevada a cabo por JT1/SC31 (Joint Technical Committee 1, Sub-Committee 31). Una de las áreas de consideración por parte de SC31 es el uso de la tecnología RFID para la gestión de artículos a nivel de unidad (item management). Del trabajo de JT1/SC31 surgieron los estándares 15961, 15962, 15963, 18000 y 18001.

4.3.1. *ISO/IEC 15961*

Este estándar define los comandos funcionales y los detalles de sintaxis de los tipos de etiqueta RFID, los formatos de almacenamiento de datos, o los esquemas de compresión por ejemplo. Este estándar es independiente de los protocolos del medio de transmisión. Se considera acompañado del estándar ISO/IEC 15962, que proporciona el protocolo global de gestión de datos.

4.3.2. *ISO/IEC 15962*

Es un estándar que especifica los procedimientos de la interficie utilizada en el intercambio de información en un sistema RFID para gestión a nivel de artículo.

4.3.3. *ISO/IEC 15963*

Este estándar especifica el sistema de numeración, procedimiento de registro y la unicidad de las etiquetas. Existen dos partes principales:

1. La parte que cubre el sistema de numeración.
2. La parte que gestiona el procedimiento del registro, almacenamiento y reglas de gestión de la información.

El estándar esta desarrollado para cubrir tres aspectos principales:

1. La trazabilidad del circuito integrado, utilizado en controles de calidad durante el proceso de producción.
2. La trazabilidad de la etiqueta de RF durante el proceso de fabricación y durante el transcurso de su vida.
3. La anticolisión de múltiples lecturas de etiquetas en el campo de iluminación de las antenas conectadas al lector

4.3.4. ISO/IEC 18000

La serie de estándares ISO/IEC 18000 proporcionan el marco en el que se definen los protocolos comunes de comunicación a nivel internacional, con el objetivo minimizar las diferencias entre diferentes países, minimizando las incompatibilidades. Esta serie de estándares considera únicamente el protocolo utilizado por la interficie aérea sin considerar la implementación física del lector o las etiquetas.

4.4. EPC Gen 2

EPC Gen2 es la abreviatura de "*EPCglobal UHF Generation 2*", es una estándar internacional para el uso de RFID y fue creado por la organización EPC Global, cuyo consejo superior de la organización incluye representantes de *EAN International, Uniform Code Council, The Gillette Company, Procter & Gamble, Wal-Mart, Hewlett-Packard, Johnson & Johnson, Checkpoint Systems* y *Auto-ID Labs*. Este estándar fue aprobado en el 2004 pero tuvo una oposición muy fuerte por parte de *Intermec*, por la posibilidad de que EPC Gen 2 pudiera infringir varias patentes suyas relacionadas con RFID. Se decidió que el estándar en sí mismo no infringía sus patentes, sino que puede ser necesario pagar derechos a *Intermec* si la etiqueta se leyera de un modo particular. En el futuro se espera que sea la espina dorsal de todos los estándares de RFID.

EPC Gen 2 Class 1 es la evolución de los estándares de la tecnología EPC (Electronic Product Code). Éste mejora el rendimiento, seguridad y privacidad de sus anteriores, además su funcionamiento es a nivel mundial. Los tags con este estándar tiene una identificación de 96 bits de manera estructurada, dicha estructura es la siguiente:

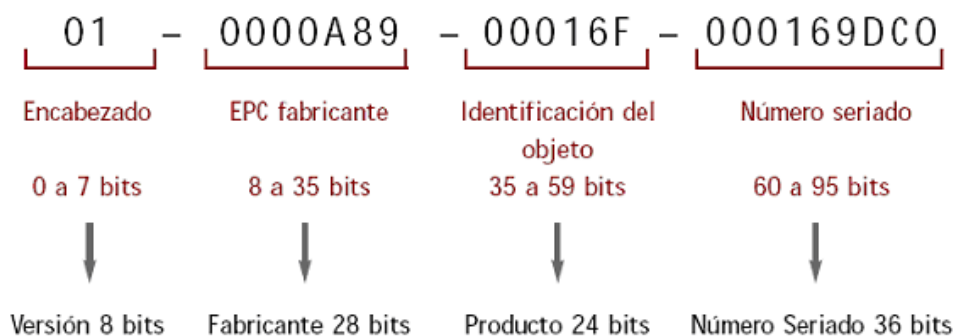


Fig. 4.1 Estructura de 96 bits EPC Gen 2 Class 1

4.4.1. Funcionamiento de EPCglobal Network

EPC Gen 2, es el estándar utilizado por la EPCglobal Network. Red creada por el Auto-ID Center junto con otras industrias e instituciones académicas, EPCglobal Network pretende facilitar la trazabilidad de productos en la cadena de suministros mediante el uso de etiquetas de RFID económicas, lectores y una infraestructura de red.

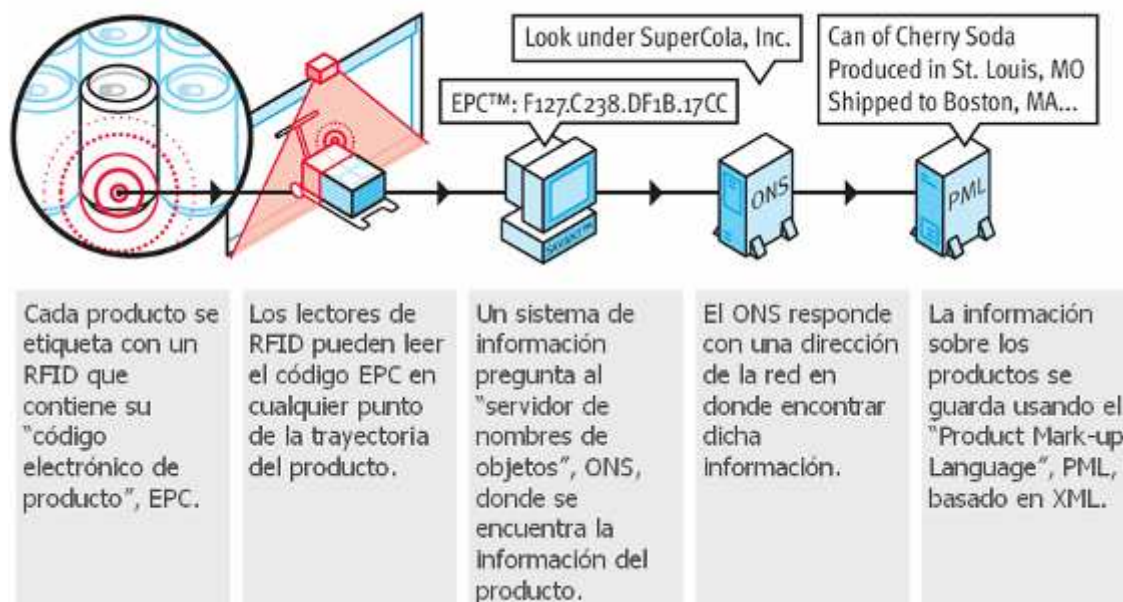


Fig. 4.2 Esquema de funcionamiento de EPCglobal Network.

5. Protocolos

Otra de las principales características de la tecnología RFID sobre los códigos de barras ya mencionada antes, es la posibilidad de identificar etiquetas de manera simultánea. Para que las etiquetas no interfieran las unas con las otras, el lector dispone de una serie de algoritmos de anticolisión conocidos como protocolo de anticolisión.

Este algoritmo, previene que los códigos en las distintas etiquetas entren en conflicto entre si, pudiendo discriminar la procedencia e información transmitida por las distintas etiquetas.

Dependiendo del protocolo utilizado por el lector, el ratio de lecturas puede determinar el balance de lecturas máximas posibles en el campo de iluminación de la antena RFID. El ratio de lectura se expresa normalmente en términos de número de etiquetas identificadas por segundo (Etiqu.Id./seg.). Pero es necesario no confundir esta métrica de medida, ya que no es equivalente leer 100 veces la misma etiqueta, que leer 100 etiquetas distintas en un segundo.

Algunos de los protocolos anticolisión más utilizados son los siguientes.

5.1. ALOHA y ALOHA rasurado

Los tags responden mediante períodos aleatorios asignados por el lector, de esta manera la probabilidad de ser leídos sin colisiones en alguna de las iteraciones es alta. Este protocolo puede actuar de dos modos:

- 1) *Switched off*: Tras la lectura de una etiqueta, el lector le ordena que deje de responder, para aumentar la probabilidad de lectura del resto de las etiquetas.
- 2) *No-switched off*: Las etiquetas responden continuamente de manera periódica.

En la versión ranurada, las etiquetas solo pueden responder en tiempos concretos (slots). Se utilizan “M” slots para leer “N” etiquetas, la probabilidad de que una etiqueta sea leída tras “P” ciclos es:

$$G = \frac{N}{M}; \quad q = e^{-G} ; \quad q_p = 1 - (1 - q)^P \quad (5.1)$$

Donde “G” es la carga del sistema, “q” es la probabilidad de acierto y “ q_P ” es la probabilidad de acierto tras “P” ciclos. Donde “G” esta muy relacionada con la probabilidad de lectura.

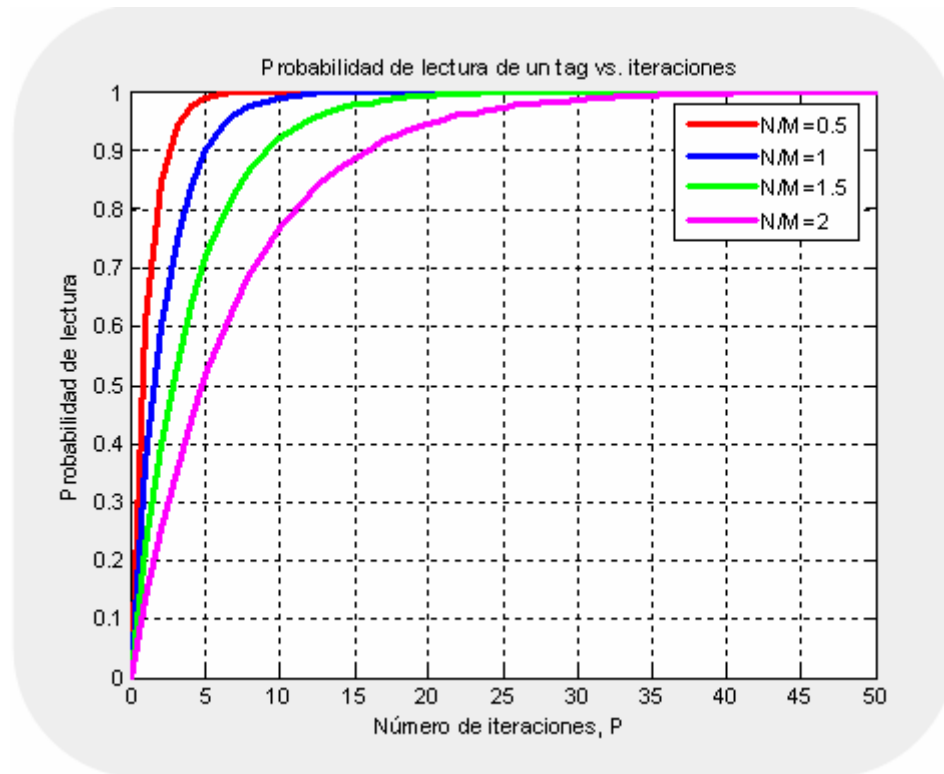


Fig. 5.1 Relación de la probabilidad de lectura de un tag y nº de iteraciones.

5.2. Búsqueda binaria

Este protocolo se denomina “Búsqueda binaria”, debido al procedimiento que sigue, dicho procedimiento es el siguiente:

- 1) El lector interroga a los tags utilizando un ID como parámetro. Sólo responderán aquellos tags que posean un ID menor o igual a la que indica el lector.
- 2) Si se producen colisiones, detecta en que bit se han producido (la sincronización y la codificación utilizada ha de permitir resolver los bits en que se produjo la colisión).
- 3) Sabiendo los bits en los que se ha producido colisión, se pueden determinar los nuevos intervalos de valores para interrogar.
- 4) El proceso se repite hasta identificar todas las etiquetas.